Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLVII. Jahrgang. 1934. Viertes Heft.

Einige Versuche mit niederfrequenten, mittels der Röhre hergestellten Schwingungen (Frequenz etwa 200 bis 10000 Hertz) zum Nachweise der Wechselstromgesetze.

Von Dr. **Friedrich Moeller** in Berlin-Tempelhof.

(Mitteilung aus der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin.)

Vor einigen Jahren hat Verf. in dieser Zeitschrift (44, 194; 1931) eine Reihe von Versuchen mit niederfrequenten, mittels der Röhre hergestellten Schwingungen beschrieben. Die Arbeit blieb damals unvollständig; ihre Fortsetzung war längere Zeit unmöglich, weil die verfügbaren Mittel für andere dringendere Aufgaben verwendet werden mußten. Seit etwa anderthalb Jahren sind die Versuche mit Unterbrechungen wieder aufgenommen worden; wenn sie auch jetzt noch nicht abgeschlossen sind, so daß weitere Mitteilungen vorbehalten bleiben müssen, so sind sie doch genügend weit vorgeschritten, um eine Veröffentlichung zu rechtfertigen, um so mehr, weil zu den Versuchen verhältnismäßig nur geringe Mittel notwendig sind, allerdings nur unter Aufwand einiger werktechnischer Arbeit. Die einzelnen Apparate sollen daher auch sehr genau beschrieben werden. Zweck der Versuche ist, die Wirkung einer großen Zahl von Wechselstromgesetzen zu zeigen; z. B.:

Die Abhängigkeit der auf eine Spule induzierten Spannung von der Windungszahl der Spule, der gegenseitigen Spulenankoppelung und der Frequenz des Wechselstromes.

Den Einfluß eines durch die Spulen geführten Eisenkernes (Herabsetzung der Spulenstreuung).

Die Spannungstransformation und Leistungsübertragung durch hohe Wechselspannungen.

Den Wechselstromwiderstand einer Spule und einer Kapazität in Abhängigkeit von der Frequenz.

Resonanzerscheinungen.

Die Apparatur dürfte dort besonders willkommen sein, wo eine Gleichspannungsquelle 220 Volt, jedoch keine Wechselstromquelle zur Verfügung steht; doch werden die Versuche auch dann eine willkommene Ergänzung sein, wenn die Wechselstromgesetze (teilweise) am Wechselstromnetz nachgewiesen werden können. Ein Gleichrichter zur Bereitstellung der Betriebsspannung der Röhren (220 bis 250 Volt Gleichspannung) ist ja heute verhältnismäßig leicht herstellbar und wird auch nicht allzu teuer, weil besondere Glättungsvorrichtungen (Drosseln und Kapazitäten) nicht nötig sind.

Der Wechselstromgenerator.

Als Betriebsröhre dient eine Röhre der bekannten Type RE 604, die, ohne überlastet zu werden, eine Wechselstromleistung von etwa 10 Watt abgeben kann; bei Parallelschaltung zweier Röhren wird die Nutzleistung doppelt so groß. Als Betriebsschaltung dient die bekannte Dreipunktschaltung, wobei die notwendige Gittervorspannung der Röhren automatisch durch Kondensator und Ableitungswiderstand hergestellt wird. Fig. 1 zeigt die Anordnung. Die Röhre oder (wie in der Figur angenommen) die beiden parallel geschalteten Röhren arbeiten auf den Schwingungskreis *LC*, in den entweder ein Hochfrequenzstrommesser (Meßbereich bis 1 Amp.)

oder noch besser bis zu 5 parallel geschaltete Glühlämpchen (3,5 Volt, 0,3 Amp., Birnen für Taschenlampen) als Strommesser geschaltet sind; die Lämpchen werden häufig alle eingeschaltet, damit sie möglichst dunkel brennen, um den Leistungsaufwand im Schwingungskreise herabzusetzen, denn um so mehr kann eine Energieentnahme außerhalb des Schwingungskreises erfolgen; diese Lampen heißen im Verlaufe der weiteren Ausführungen Strommeßlampen. Über Größe und Art des Widerstandes R, der Induktivität L und der Kapazität C werden weiter unten ausführliche Angaben gemacht. Der Gitterkondensator C_g ist ein Becherpapierkondensator bekannter Art der Größe 1 μF, der Ableitungswiderstand R_g ein drahtgewickelter Widerstand mit Schutzhülle der Typen, wie sie im letzten Jahre unter dem Namen „Pantohm“ (Belastbarkeit bis 6 Watt) in der Radioindustrie allgemein bekannt geworden sind; seine Größe beträgt 10000 Ohm. (Werden zwei Röhren als Schwingungserzeuger benutzt, so kann R_g auf 5000 Ohm herabgesetzt werden; es ist dann aber nötig, zum Widerstand in Reihe noch eine Niederfrequenzdrosselspule zu schalten, da andernfalls die Gitterwechselspannung durch den Widerstand von nur 5000 Ohm schon eine merkliche Schwächung und damit der Schwingkreisstrom eine Herabsetzung erfährt. Als Drosselspule kann eine Wickelung eines kleinen Empfängertransformators mit bestem Erfolge dienen; welche von beiden, ist vorteilhaft auszuproben. Durch diese Anordnung wird der Schwingkreisstrom erheblich größer, als wenn ein 10000 Ohm-Ableitungswiderstand benutzt wird, eine Folge der verkleinerten negativen Vorspannung; für eine Röhre ist $R_g = 5000$ Ohm zu klein.)

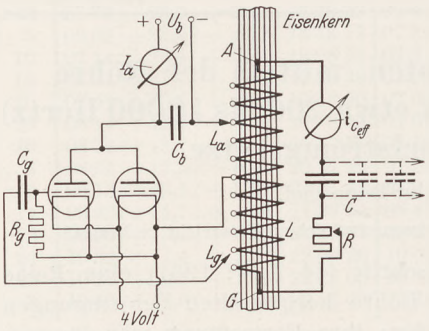


Fig. 1. Generatorschaltung.

Der Kondensator C_b dient als Kurzschluß des Röhrenwechselstromes (Blockierung der Gleichspannung); er hat etwa die Größe 4 μF bis 6 μF und ist ebenfalls ein (Papier-) Becherkondensator. Seine Durchschlagfestigkeit soll auf 500 Volt bemessen sein, da die Momentanspannung bei Betrieb der Röhre fast 440 Volt betragen kann, wenn die Betriebsspannung 220 Volt ist. Die Heizung der Röhren geschieht entweder aus einem 4-Volt-Akkumulator oder auch mit 4 Volt Wechselspannung. Als Anodenstrommesser, der zur Kontrolle des Anodenstromes notwendig ist, dient ein Milliamperemeter I_a; bei einer Röhre kann ein Anodenstrom bis etwa 80 und für kurze Zeit bis 100 Milliamp., bei zwei Röhren der doppelte Strom zugelassen werden, wenn die Röhre arbeitet; sobald die Schwingung aussetzt, nimmt der Strom sofort zu, und es muß dann ausgeschaltet werden, um die Röhre nicht zu zerstören.

Fig. 2. Schaltungsschema der Becherkondensatoren.

Als Betriebskapazität C dient eine Reihe von Becherkondensatoren, die nach dem Schema der Fig. 2 zueinander parallel geschaltet werden können, wodurch die Herabsetzung der Frequenz bewirkt wird. Die Kondensatoren müssen eine Wechselspannung von 500, noch besser 1000 Volt aushalten können; sie werden durch den Schwingkreisstrom $i_{c\,\mathrm{eff.}}$ belastet, der fast bis zu 1 Amp. anwachsen kann; sie erwärmen sich daher bei längerer Betriebsdauer, zumal bei höheren Frequenzen, da ihre dielektrischen Verluste ziemlich groß sind. Zu den Versuchen sind zweckmäßig 2 Kondensatoren 0,005 μF, 2 Kondensatoren 0,01 μF, 7 Kondensatoren 0,1 μF und 4 Kondensatoren 1 μF. Ein Kondensator 0,005 μF wird nichtabschaltbar angeordnet, er bleibt stets mit der Spule L fest verbunden, weil eine versehentliche Abschaltung auch dieses Kondensators zu einer Zerstörung der Spulenwickelung infolge von sog. Abreißvorgängen führen könnte. Die übrigen Kondensatoren werden, wie schon bemerkt, nach dem Schema der Fig. 2 geschaltet; sie werden nebeneinander auf ein Brett gesetzt (trockenes Holz genügt) und einpolig verbunden.

Der zweite Pol führt zu einer Steckerbuchse, die mittels eines Kurzschlußbügels mit einer zweiten Buchse verbunden werden kann; in dieser Weise lassen sich nacheinander alle Betriebskondensatoren beliebig zur Spule L schalten.

Als Betriebsinduktivität L dient eine Spule, die auf einen Pertinax- oder Preßspanspulenkörper gewickelt ist und folgende Abmessungen hat (vgl. Fig. 3). Preßspankörper: Länge etwa 8 cm; Wandstärke 1,5 mm; äußerer Durchmesser 6,5 cm; Zylinderform. Spule: Länge 6 cm; Anzahl der Lagen 18; Anzahl der Windungen der untersten Lage 60, der obersten Lage 43, insgesamt daher etwa 950; gesamte Länge der Windungen etwa 240 m; Drahtstärke blank 0,7 mm, zweimal baumwollbesponnen; Widerstand der Spule 10,1 Ohm; Induktivität 49 Millihenry. Die Spule ist normal gewickelt, an jeder zweiten Lage besitzt sie eine Anzapfung (also immer auf der Seite des Anfangs), so daß sie 8 Zwischenabgriffe, insgesamt daher 10 Anschlüsse, hat. Die Abgriffe sind nicht unbedingt notwendig, aber sehr zweckmäßig, wie später auseinandergesetzt wird; ein Zwischenabgriff ist notwendig, und zwar nach der 10. Lage, zum Anschluß der Spule an die Kathode der Röhre (vgl. Fig. 1). Der Spulenkörper ist auf einen (am besten auch zylinderförmigen) Holzkörper gesetzt, der die Klemmen oder Steckbuchsen für die Spulenanschlüsse trägt. Die Abmessungen dieses Sockels und der Spule sind in Fig. 3 eingezeichnet, die einen Längsschnitt der Spule zeigt.

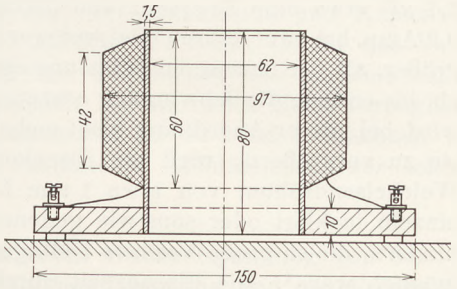


Fig. 3. Generatorspule mit Sockel (Abmessungen in mm).

Die Betriebskapazität wird stets an die ganze Spule geschaltet, also an die Punkte A und G der Fig. 1, an die bei geringerer Vertrautheit mit der Apparatur auch die Zuführungen L_a und L_g gelegt werden. Bei hohen Frequenzen arbeitet dann die Röhre stark überspannt und übersteuert; ihre Leistungsabgabe bleibt verhältnismäßig gering und ebenso ihre Leistungsaufnahme, was am geringen Anodenstrom zu erkennen ist. Um die Leistungsabgabe zu erhöhen, werden Gitter und Anode „loser gekoppelt", d. h. L_a und L_g werden an Zwischenabgriffe gelegt, wie Fig. 1 zeigt. Sie müssen so gewählt werden, daß der Anodenstrom den zulässigen Wert nicht übersteigt; hier das Richtige zu finden, ist Sache der Übung. Bei loserer Koppelung wächst infolge des zunehmenden Stromes $i_{c\,\mathrm{eff.}}$ die Spulenspannung, die sehr hohe Werte erreichen kann, wie folgende Rechnung zeigt. Bei zweckmäßiger Koppelung L_a und L_g kann bei einer Frequenz 7000 Hertz (Kapazität 0,01 μF) der Strom $i_{c\,\mathrm{eff.}}$ etwa 0,3 Amp. werden, wenn zwei Röhren benutzt sind. Die Amplitude der Spulenspannung berechnet sich nach der Formel:

$$\mathfrak{U}_L = \omega L \cdot i_{c\,\mathrm{eff.}} \sqrt{2};\ \omega = 2\pi f;\ f = 7000\ \mathrm{Hertz}.$$

Da L etwa = 50 Millihenry und $i_{c\,\mathrm{eff.}} = 0{,}3$ Amp., so wird

$$\mathfrak{U}_L = 2\pi \cdot 7000 \cdot 50 \cdot 10^{-3}\, 0{,}3 \sqrt{2} = \text{etwa } 930 \text{ Volt}.$$

Bleiben die Ankoppelungen L_a und L_g an den Punkten A und G (Fig. 1), d. h. bleibt stets die ganze Spule an die Röhre angeschlossen, so kann die Amplitude der Wechselspannung schon theoretisch nicht über den doppelten Wert der Betriebsspannung ansteigen; in Wirklichkeit bleibt sie noch kleiner, so daß $\mathfrak{U}_L$ nicht über 440 Volt anwachsen kann, wonach sich $i_{c\,\mathrm{eff.}}$ einreguliert. Da es sich stets um Niederfrequenzspannungen handelt, muß irgendeine Schaltmaßnahme am Generator stets bei abgeschalteter Betriebsspannung erfolgen[1].

[1] Bei einer Spannung $\mathfrak{U}_L$ = 930 Volt liegt zwischen jeder Lage der Spule eine Spannung von etwa 50 Volt; die Spule muß also sorgfältig gewickelt sein, um Überschläge auszuschließen. Die Verwendung von Schellack bei der Wickelung ist nicht zweckmäßig, da Schellack-Spirituslösung stark wasserhaltig ist. Wird Schellacklösung benutzt, so muß nach Herstellung der Spule das Wasser durch Stromwärme ausgekocht werden, wobei einigermaßen Vorsicht am Platze ist, damit der Spulenkörper sich nicht verzieht.

Der Regulierwiderstand R dient zur Regelung des bei vielen Versuchen konstant zu haltenden Stromes $i_{c\,\mathrm{eff.}}$ R ist zweckmäßig zu etwa 50 Ohm zu wählen, ein kleiner Heizwiderstand für Röhren ist dazu brauchbar; für manche Versuche ist er am besten gleich Null zu machen. Bei Benutzung von Strommeßlampen ist ihre durch R zu regulierende Helligkeit leicht an einem Kontrollämpchen zu vergleichen, das neben die Strommeßlampen gesetzt wird und aus einem Sammler (über einen Widerstand) geheizt wird.

Die Frequenz, die der Generator bei Zuschaltung eines Kondensators 0,005 μF zur Spule L (der also, wie bemerkt, fest mit ihr verbunden bleibt) erzeugt, ist etwa 10000 Hertz; dies ist die höchste Frequenz, die herstellbar ist. Der Ton wird stets durch irgendeinen Lautsprecher nachgewiesen, der entweder an zwei aufeinander folgende Zwischenabgriffe der Spule L gelegt oder auch durch eine besondere Spule (siehe unten) erregt werden kann; in einem Lautsprecher älterer Art (magn. Lautsprecher) sind Töne bis herab zu 6000 Hertz noch kaum zu hören. Bei Zuschaltung weiterer Kondensatoren wird der Ton tiefer und tiefer und erreicht bei Benutzung der Kapazität 1,7 μF etwa eine Frequenz von 550 Hertz; die Stromstärke $i_{c\,\mathrm{eff.}}$ ist dann ungefähr 0,9 Amp. bei zwei Röhren. Bei weiterer Zuschaltung von Kapazität wird der Anodenstrom größer, als der zulässigen Belastung entspricht, und die Stromstärke $i_{c\,\mathrm{eff.}}$ nimmt schnell ab, bis endlich die Schwingung aussetzt; eine Frequenz unterhalb 500 Hertz zu erzeugen, wird bei dieser Anordnung nicht mehr möglich, weil die Induktivität zu klein ist. Um sie zu vergrößern, wird ein Eisenkern in die Spule geschoben, der aus einzelnen Weicheisendrähten von etwa 1 mm Dicke zusammengesetzt ist; die Drähte müssen einzeln lackiert oder sonstwie gegeneinander isoliert sein, um Wirbelströme zu verhindern, die so große Verluste bedingen würden, daß ein Anlaufen des Generators nicht möglich wäre[1]. Die Eisenarbeit durch Hysterese ist nicht zu vermeiden und bewirkt eine fühlbare Erwärmung des Eisenkernes. Seine Länge beträgt 25 oder 30 cm, so daß er bequem zu handhaben und in die Spule zu stellen ist. Auf diese Weise gelingt leicht die weitere Herabsetzung der Frequenz auf etwa 180 Hertz, wenn die gesamte zur Verfügung stehende Kapazität eingeschaltet ist[2]. Die Stromstärke $i_{c\,\mathrm{eff.}}$ erreicht nicht mehr den früheren Wert bei nichtbenutztem Eisenkern, weil die Eisenverluste einen bedeutenden Verlustwiderstand R darstellen.

Bei Zuschaltung weiterer Kapazität (4 μF und mehr) ist die Induktivität auch mit Eisenkern zu klein; die Schwingung setzt abermals aus, so daß zur weiteren Herabsetzung der Frequenz ein geschlossener Eisenkern genommen werden müßte, worüber zur Zeit noch keine Angaben gemacht werden sollen.

Die Vorteile der hohen Frequenz und der veränderbaren Frequenz bei den Versuchen zur Erklärung der Wechselstromgesetze.

Alle Versuche mit Netzfrequenz (50 Hertz) an der Induktivität sind wirksam nur mit Eisenkernspulen auszuführen, wenn die Versuchsapparate nicht schon sehr große

[1] Natürlich kann auch ein Eisenkern aus Transformatorblech genommen werden; er ist nur schlecht der Zylinderform anzupassen und daher nicht so zweckmäßig wie der beschriebene Eisenkern.

[2] Die Berechnung der Frequenz ergibt sich aus der Thomsonschen Schwingungsformel; zahlenmäßig wird sie danach:

$$f = \frac{10^3}{2\pi\sqrt{CL}};\ C \text{ in } \mu\text{F};\ L \text{ in Henry.}$$

Die durch die Röhre unterhaltene Schwingung ist schneller als dieser Formel entspricht; doch ist der Fehler klein (unter 1%). Da aber die Kapazitäten der Becherkondensatoren nur auf 10% genau angegeben sind, wird die Berechnung nach der Formel ziemliche Abweichungen von der tatsächlich vorhandenen Frequenz ergeben. Eine genaue Ermittelung der Frequenz ist heute nach einem einfachen Verfahren möglich. Man nimmt eine sog. „Frequenzplatte", worin die Frequenzen 6000 bis 150 Hertz laufend eingeschnitten sind, läßt sie mit der vorgeschriebenen Tourenzahl ablaufen und hört den Ton mittels eines Tonabnehmers und Kopfhörers ab. Den Ton des Generators übermittelt der Lautsprecher. Ist der Schwebungston Null, so ist die Frequenz des Generators gleich der abgetasteten Frequenz. Es ist dann nur noch eine Stoppuhr nötig, um die Ablaufzeit der Platte zu bestimmen. In dieser Weise wurden die angegebenen Frequenzen z. T. festgestellt.

Dimensionen annehmen sollen, weil der Wechselstromwiderstand einer Spule ohne Eisen bei der Netzfrequenz verschwindend gering wird, wenn die Windungszahl nicht sehr groß ist. Dann aber ist auch der Ohmsche Widerstand der Spule groß und gegen den induktiven Widerstand nicht mehr zu vernachlässigen, wodurch die Erscheinungen verwaschen werden. Der Wechselstromwiderstand eines Kondensators auch großer Kapazität ist bei 50 Hertz stets sehr groß, so daß die durchgelassenen Ströme auch bei großen Kapazitäten und hohen Spannungen klein bleiben müssen. Der Wechselstromwiderstand eines Kondensators 10 μF ist z. B. bei 50 Hertz noch 320 Ohm (über die Formeln vgl. weiter unten). Bei hohen Frequenzen (1000 Hertz und mehr) können Spulen und Kondensatoren weit kleiner gehalten werden; die Spulen sind leicht selbst anzufertigen und ohne und mit (offenem) Eisenkern zu benutzen.

Das Verhalten von Induktivitäten und Kondensatoren gegenüber veränderten Frequenzen kann mit der konstanten Netzfrequenz nicht gezeigt werden; hier müssen jegliche Versuche notwendigerweise unterbleiben. Aber gerade der veränderte Wechselstromwiderstand (bei konstant gehaltener Spannung) der Induktivität und Kapazität und ihr gegensätzliches Verhalten gegenüber veränderter Frequenz ist für das Verständnis vieler Wechselstromvorgänge notwendig; die Gesetze, die hier gegeben sind, können mit veränderbaren Frequenzen in den Grenzen 180 bis 10000 Hertz vorzüglich nachgewiesen werden. Da Spannungs- und Strommesser für so hohe Frequenzen in der Regel nicht vorhanden sind, werden als Indikatoren Glühlämpchen der schon bezeichneten Type genommen.

Die Abhängigkeit der auf eine Spule induzierten Wechselspannung von der Windungszahl der Spule, der gegenseitigen Spulenankoppelung und der Frequenz.

Als Spule für die folgenden zu beschreibenden Versuche dient eine einlagige Spule, deren Körper über die Generatorspule geschoben wird, die ohne Eisenkörper arbeitet. Die Versuchsspule hat folgende Abmessungen: Länge des Spulenkörpers 5 cm, innerer Durchmesser des Körpers 10 cm, Dicke seiner Wandung 1,5 mm, Material Pertinax oder Preßspan, Drahtquerschnitt 0,7 mm, zweimal Baumwolle, 40 Windungen mit Zwischenabgriff nach jeder 5. Windung. Die Spule ist einlagig und wird am besten auf einem ähnlichen Brett montiert wie die Generatorspule. Der Widerstand der Spule ist nur sehr gering, etwa 0,5 Ohm, was wichtig ist. Als Spannungsmesser an der Spule dient ein Lämpchen 3,5 Volt.

Es ist bekannt, daß die Spannung an einer Spule, die durch das Wechselfeld einer anderen Spule induziert wird, gegeben ist durch den Ausdruck:

$$u_{\text{eff.}} = 2\pi f M i_{\text{eff.}}\ ^{1};$$

[1] Dies ist die allgemeine Formel. Vielen Lesern wird die Transformatorformel geläufiger sein, die sich aus der allgemeinen Formel nach folgender Rechnung ergibt. Der Koppelungsgrad zweier Spulen, die gemeinsam ein Wechselfeld durchsetzt, ist

$$\varkappa = \sqrt{\frac{M^2}{L_1 L_2}}.$$

Durchsetzen alle Kraftlinien der einen Spule auch die andere, so ist der Koppelungsgrad $\varkappa = 1$, d. h. es wird:

$$M = \sqrt{L_1 L_2}.$$

Die Induktivitäten der beiden Spulen sind dann:

$$L_1 = k z_1^2 \text{ und } L_2 = k z_2^2;$$

sie verhalten sich wie die Quadrate ihrer Windungszahlen z_1 und z_2; k ist ein Proportionalitätsfaktor, der von der Permeabilität des Mediums abhängt und außerdem ein Formfaktor ist; er ist bei beiden Spulen von gleicher Größe. Ist $a = z_2/z_1$ das Verhältnis der Windungszahlen, so wird:

$$M = a k z_1^2 = a L_1,$$

d. h. das Spannungsverhältnis an beiden Spulen ist proportional der Windungszahl, wie es beim Transformator bekannt ist. Da der Koppelungsgrad bei den Versuchen niemals gleich 1 ist, so nimmt die Spannung nicht proportional der Windungszahl zu, sondern in kleinerem Maße. Der Vorteil des Eisenkernes wird in dieser Beziehung durch die Versuche augenfällig.

f ist die Frequenz, M der Koeffizient der gegenseitigen Induktion beider Spulen, und $i_{eff.}$ ist der Effektivwert des Stromes in der Erregerspule. Die Frequenz wird in Hertz, die Gegeninduktivität in Henry und der Effektivwert des Stromes in Ampere angegeben, wenn die Spannung an der erregten Spule in Volt bestimmt werden soll. Die Spannung an der erregten Spule $L_{sek.}$ steigt mit der Frequenz, mit dem Koeffizienten der gegenseitigen Induktion und mit dem Strom $i_{eff.}$. Dieses allgemeine Gesetz kann mit der beschriebenen Anordnung (Fig. 4) nachgewiesen werden. Der Koeffizient M wächst mit der Windungszahl der Sekundärspule (induzierten Spule), die Spannung muß daher mit wachsender Windungszahl z zunehmen. Wird die Frequenz, deren Höhe an sich gleichgültig ist, konstant gehalten, desgl. der Schwingkreisstrom $i_{c\,eff.}$, so brennt die Lampe *Gl.* um so heller, an je mehr Windungen der Spule sie geschaltet wird. Wächst der Strom $i_{c\,eff.}$, so nimmt die Helligkeit als Folge der vermehrten Spulenspannung ebenfalls zu. Der Faktor M kann auch verkleinert werden, indem die Spule $L_{sek.}$ von der Generatorspule fortgezogen wird; die Lampe erlischt dann bald; das geht sehr schnell, weil die Spulenstreuungen groß sind. — Es bleibt noch übrig, die Frequenz zu verändern, wobei M und $i_{c\,eff.}$ konstant gehalten werden müssen. Die Änderung der Frequenz muß vom Lautsprecher angezeigt werden, der entweder in der beschriebenen Weise durch die Generatorspule selbst oder auch durch die Sekundärspule erregt wird; wenn auch ihre Spannung nur gering ist, so genügt sie doch, um den Lautsprecher ansprechen zu lassen. Man schaltet zunächst auf eine hohe Frequenz und beginnt etwa bei der eingeschalteten Kapazität 0,1 μF, die Lampe *Gl.* wird auf hohe Helligkeit durch Anschalten an eine entsprechende Windungszahl der Spule $L_{sek.}$ gebracht. Wird die Frequenz durch Zuschalten einer weiteren Kapazität 0,1 μF herabgesetzt, so verändert sich zunächst der Schwingkreisstrom $i_{c\,eff.}$, weil die Arbeitsbedingungen der Röhre infolge der veränderten Frequenz andere geworden sind. Man bringt die Stromstärke durch Regulieren des Widerstandes R wieder auf den früheren Wert (durch Vergleichen mit dem Kontrollämpchen) und findet eine wesentliche Abnahme der Helligkeit von *Gl.* Das Verfahren wird fortgesetzt, bis endlich die Lampe *Gl.* kaum noch glüht, trotzdem der Strom $i_{c\,eff.}$ und die Koppelung M immer die gleichen geblieben sind.

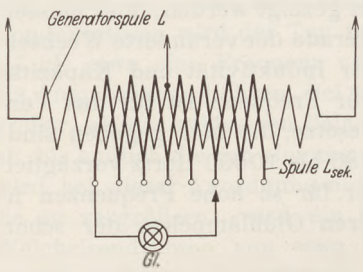


Fig. 4. Messung der Spannung an der Sekundärspule $L_{sek.}$ durch Lämpchen.

Der Einfluß eines durch die Spulen geführten Eisenkernes (Herabsetzung der Spulenstreuung).

Die Anordnung bleibe die gleiche wie vorhin (Kapazität 0,7 μF), nur werde jetzt der Eisenkern in die Spule L geschoben. Die Folge ist eine große Herabsetzung der Frequenz infolge der stark vergrößerten Induktivität, der Strom $i_{c\,eff.}$ nimmt ab infolge der aufzuwendenden Eisenarbeit; trotzdem nimmt die Helligkeit der Lampe *Gl.* zu. Dieses scheinbar regelwidrige Verhalten hat seine Ursache in der stark verminderten Spulenstreuung, wodurch der Koeffizient der gegenseitigen Induktion M so vergrößert wird, daß die induzierte Spannung trotz der Verkleinerung der Frequenz und des Erregerstromes anwächst. Der offene Eisenkern erzielt eine Näherung der Spannungsverhältnisse an die Transformatorformel, wenn auch das Koppelungsverhältnis beider Spulen noch bei weitem nicht gleich *1* wird, wie es bei geschlossenem Eisenkern der Fall sein würde. Der Einfluß des Eisens wird bei diesem Versuch in mehrfacher Hinsicht deutlich gemacht: Vergrößerung der Induktivität, Herabsetzung der Streuung und als nachteilig die Aufwendung von Arbeit im Eisen. Wird die Frequenz jetzt bei konstant gehaltenem $i_{c\,eff.}$ durch Zuschalten der Kondensatoren 1 μF weiter vermindert, so zeigt sich wieder die Abnahme der Lampenhelligkeit mit fallender Frequenz.

Die Spannungstransformation und Leistungsübertragung durch hohe Wechselspannungen.

Durch Erweiterung des bisher verwendeten Instrumentariums kann der Vorteil hoher Wechselspannungen bei der Übertragung elektrischer Energie gezeigt werden. Es werden gebraucht: 2 weitere Spulen nach Art der Generatorspule, ein zweiter Eisenkern, eine Glimmlampe für 220 Volt (vgl. Nr. 6 des Merkblattes 5 der Hauptstelle). Die Anordnung zeigt Fig. 5. Die Spule L sei die Generatorspule, die Spule L_s (Senderstation) eine Spule gleicher Art, in der eine hohe Spannung erzeugt wird. Daß diese an den Klemmen der Spule besteht, zeigt die Glimmlampe. Die Spule L_s wird über den Widerstand R_l (= Leitung) etwa 50 Ohm und ein kleines Miniwattlämpchen (2 Volt, 0,1 Amp.) mit der zweiten Spule gleicher Art L_e (Empfängerstation) verbunden; um diese ist die Spule $L_{sek.}$ zur Abspannung gelegt; an die Spule werden nach Belieben einige Lämpchen 3,5 Volt geschaltet. In die Spulen L, L_s und in die Spule L_e ist je der zugehörige Eisenkern geschoben. Die Erregung des Generators kann mit beliebiger Frequenz erfolgen; allzuhohe Frequenz ist nicht günstig wegen der mit der Frequenz wachsenden Eisenverluste. Die Lämpchen *Gl.* brennen hell, während das Miniwattlämpchen in der „Fernleitung“ kaum einen Strom anzeigt. Ein Zu- oder Abschalten des Widerstandes R_l wird durch die Lampen *Gl.* nicht angezeigt. Werden an den Spulen L_s und L_e nur Teilabgriffe benutzt, so steigt der Strom in der Fernleitung und die Lampen *Gl.* brennen um so dunkler, je kleiner die Abgriffe werden. Endlich kann hier auch der Wert der Eisenkerne gezeigt werden; wird der Kern aus L, L_s entfernt, so wird die Leistungsübertragung sofort unterbrochen, weil die Spule L auf die Spule L_s nicht mehr genügend hohe Spannung induziert; ein ähnlicher Versuch läßt sich an L_e zeigen[1].

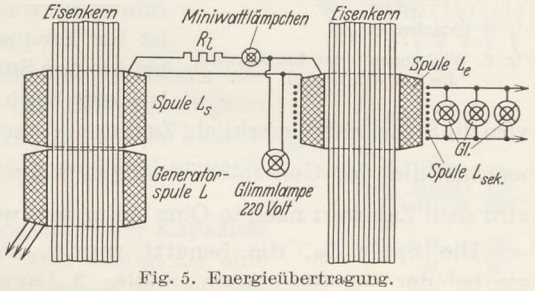


Fig. 5. Energieübertragung.

Der Wechselstromwiderstand (bzw. Blindwiderstand) einer Spule und einer Kapazität in Abhängigkeit von der Frequenz.

Der Wechselstromwiderstand einer Spule ist bekanntlich:

$$\Re_L = \sqrt{(\omega L)^2 + R_L^2},$$

und der Wechselstromwiderstand eines Kondensators ist:

$$\Re_C = \sqrt{\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 + R_C^2}.$$

$\Re_L$ bzw. $\Re_C$ heißt der Scheinwiderstand, ωL bzw. $\frac{1}{\omega C}$ ist der Blindwiderstand der Induktivität bzw. der Kapazität, während R_L und R_C reelle Ohmsche Widerstände sind und Wirkwiderstände genannt werden. Der Wirkwiderstand einer Spule ist gegeben durch den Ohmschen Widerstand der Wickelung, der jedoch bei Wechselstromdurchgang durch die Spule nicht gleich zu setzen ist dem Widerstand, der sich aus einer Gleichstrommessung ergibt. Der sog. Skineffekt (Hautwirkung) bewirkt mit wachsender Frequenz eine Verkleinerung des Querschnittes, durch den der Strom fließt, und daher eine Erhöhung des Ohmschen Widerstandes; für mittlere Frequenzen ist der Skineffekt vernachlässigbar. Der Blindwiderstand ωL der Spule wächst mit der Frequenz und es wird bald, wie sich weiter unten an einer Rechnung ergibt:

$$\omega L \gg R_L.$$

[1] Diese Versuche sind zum Teil mit Netzfrequenz und geschlossenen Eisenkernen besser auszuführen; der Einfluß der Streuungsverminderung durch den Eisenkern ist aber wieder nur hier deutlich zu machen. Im übrigen wird aber auch sichtbar, daß die Transformationserscheinung von der Frequenz unabhängig ist.

Bei Eisenkernspulen wird der Wirkwiderstand noch erhöht durch die Eisenarbeit (Wirbelverluste und in weit stärkerem Maße Hysteresisverluste). Doch da die Induktivität stark zunimmt, ist die Bedingung $\omega L \gg R_L$, die für die Versuche wichtig ist, erst recht erfüllt. Der Scheinwiderstand wird dann sehr nahe gleich dem Blindwiderstand, der dem Zahlwert nach in Ohm erhalten wird, wenn L in Henry angegeben ist. Der Wirkwiderstand einer Kapazität ist gegeben durch die dielektrischen Verluste, die bei kleinen Frequenzen völlig zu vernachlässigen sind. Bei Mittelfrequenzen, wie sie hier Verwendung finden, sind die Verluste schon merklich (sie bewirken eine Erwärmung des Becherkondensators), doch ist auch für die höchsten Frequenzen, die hier vorkommen, stets: $\frac{1}{\omega C} \gg R_C$. Der Blindwiderstand einer beträchtlichen Kapazität, z. B. 1 μF, ist bei Frequenzen um 1000 Hertz noch so groß, daß bei kleinen Spannungen ein Stromdurchgang ganz gering ist; erst bei höheren Frequenzen (5000 Hertz und mehr) wird die Stromstärke merklich. Zu diesen Versuchen werden daher die höchsten Frequenzen benutzt, die der Generator erzeugen kann. Der Blindwiderstand $\frac{1}{\omega C}$ der Kapazität wird dem Zahlwert nach in Ohm gefunden, wenn die Kapazität in Farad angegeben ist.

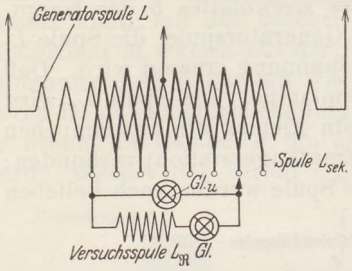


Fig. 6. Wirkungen einer Induktivität $L_{\mathfrak{R}}$ auf den Strom.

Die Spule $L_{\mathfrak{R}}$, die benutzt wurde, hat folgende Abmessungen: Spulenkörper wie bei der Generatorspule, Spule: 3 Lagen, je etwa 60 Windungen, Länge 6 cm, Draht wie bei der Generatorspule, Widerstand 1,6 Ohm, Induktivität 1,53 Millihenry. Der Blindwiderstand der Spule berechnet sich aus ihrer Induktivität für 150 Hertz zu etwa 1,44 Ohm, für 1500 Hertz daher zu 14,4 Ohm und für 7000 Hertz zu etwa 67 Ohm. Die Bedingung $\omega L \gg R_L$ ist also schon für Frequenzen von 1000 Hertz gut erfüllt. Die Versuchsanordnung zeigt Fig. 6; die Spannung wird wie schon früher von der in 5 zu 5 Windungen unterteilten Spule $L_{sek.}$ abgenommen. Eine Glühlampe (3,5 Volt, 0,3 Amp.) ist der Strommesser, der den Strom durch die Spule $L_{\mathfrak{R}}$ mißt; noch besser ist es, zwei parallel geschaltete Lämpchen zu benutzen, weil der induktive Widerstand $\omega L_{\mathfrak{R}}$ der Spule möglichst groß gegen alle übrigen Widerstände sein muß, wenn seine Wirkung das Maximum erreichen soll. Bei niederen Frequenzen (Generator mit Eisenkern) ist der Strom durch die Lampe nur schwach verändert, wenn die Spule kurzgeschlossen wird. Je höher die Frequenz ist, um so dunkler wird die Lampe *Gl.* bei eingeschalteter Spule brennen. Bei Frequenzen von 5000 Hertz aufwärts bleibt die Lampe völlig dunkel, während eine gleiche Lampe $Gl._u$, die die Spulenspannung anzeigt, bei gleichbleibendem $i_{c\,\mathrm{eff.}}$ stets gleiche Helligkeit zeigt. Wird bei niederen Frequenzen (550 Hertz) in die Versuchsspule ein Eisenkern getaucht, so erlischt die Lampe *Gl.* sofort.

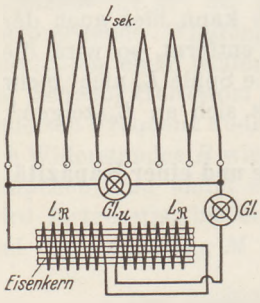


Fig. 7. Gegeneinander geschaltete Spulen.

Diese Versuche lassen sich in mannigfacher Weise variieren Wenn 2 Versuchsspulen vorhanden sind, so lassen sie sich in Reihe bzw. nebeneinander schalten, und es läßt sich leicht zeigen, daß bei Parallelschaltung der resultierende Blindwiderstand sich verringert, bei Reihenschaltung sich erhöht; eine nähere Beschreibung der Versuche ist nicht nötig.

Ein Versuch jedoch, der wiederum die Herabsetzung der Streuung durch den Eisenkern zeigt, sei noch näher angegeben (Fig. 7). 2 gleiche Spulen $L_{\mathfrak{R}}$ seien so eng wie möglich gekoppelt, jedoch so geschaltet, daß die Ströme die Spulen in umgekehrtem Sinne durchlaufen, die Felder in den Spulen also gegeneinander gerichtet sind. Die resultierende Induktivität ist dann durch die Formel gegeben:

$$L_{\mathrm{res.}} = L_{\mathfrak{R}} + L_{\mathfrak{R}} - 2M.$$

Die Spulen werden zunächst ohne Eisenkern benutzt, so daß die Streuung groß ist; der Ausdruck $2M$ fällt daher nicht sehr ins Gewicht. Werden die beiden in dieser Weise geschalteten Spulen an die Spannungsspule $L_{\text{sek.}}$ gelegt, so wird die Lampe *Gl.* am hellsten leuchten, wenn beide Spulen am engsten gekoppelt sind, weil dann der Einfluß des Gliedes $2M$ am größten ist. Schon bei geringer Entfernung der Spulen voneinander ist die Koppelung nicht mehr merklich, d. h. die Helligkeit der Lampe nimmt nur wenig ab. Ganz anders wird die Erscheinung bei Benutzung eines Eisenkerns, der durch beide Spulen geführt wird. Zunächst muß die Spannung durch Einschaltung einer größeren Windungszahl an $L_{\text{sek.}}$ vergrößert werden, damit die Lampe *Gl.* wieder leuchtet, da die Induktivität infolge des Eisenkerns sehr zugenommen hat[1]. Werden dann die Spulen voneinander entfernt, so wird die Lampe völlig dunkel, da das Glied $2M$ gegen $2L_{\mathfrak{R}}$ infolge der geringeren Streuung schon sehr groß ist. Sind die Spulen in gleichem Sinne geschaltet, so wird:

$$L_{\text{res.}} = L_R + L_R + 2M.$$

Werden in dieser Schaltung bei eingeführtem Eisenkern die Spulen voneinander entfernt, so nimmt die Lampenhelligkeit fortwährend zu. Sobald man über den Rand des Eisens hinauskommt, muß der Versuch unterbrochen werden, weil die Lampe *Gl.* andernfalls durchbrennen würde.

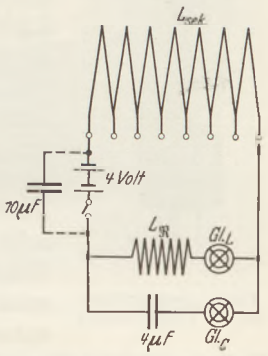


Fig. 8. Trennung von Gleich- und Wechselstrom.

Um den Scheinwiderstand (Blindwiderstand) einer Kapazität bei verschiedenen Frequenzen zu zeigen, wird anstatt $L_{\mathfrak{R}}$ eine Kapazität 4 μF (nach Fig. 6) über die Lampe *Gl.* an die Spule $L_{\text{sek.}}$ geschaltet. Bei der Frequenz 1000 Hertz ist der Blindwiderstand des Kondensators 4 μF etwa 40 Ohm, bei einer Frequenz 5000 Hertz also etwa 8 Ohm. Die Lampe wird daher bei 1000 Hertz, wenn die Spulenspannung $L_{\text{sek.}}$ etwa 3,5 Volt beträgt, völlig dunkel bleiben und erst aufleuchten, wenn die Frequenz über 5000 Hertz erhöht wird; der Generator arbeitet zuletzt nur noch mit einer Kapazität 0,005 μF, wobei die Frequenz etwa 10000 Hertz ist; die Lampe *Gl.* brennt dann fast so hell wie die Spannungslampe $Gl._u$. Auch diese Versuche lassen sich vielfach variieren. Die Parallel- und Serienschaltung von Kondensatoren ergibt das entgegengesetzte Resultat wie bei den gleichen Schaltungen an den Spulen. Bei allen Versuchen läuft der Lautsprecher als Frequenzanzeiger mit, der entweder an die Generatorspule oder an die Spule $L_{\text{sek.}}$ angekoppelt ist.

Mit hohen Frequenzen läßt sich die vollständige Trennung von Gleich- und Wechselströmen mittels Spulen und Kondensatoren gut vornehmen, wie folgende Anordnung zeigt (Fig. 8). In Serie zur Spule $L_{\text{sek.}}$, der Spule $L_{\mathfrak{R}}$ und der Lampe $Gl._L$ ist eine 4-Volt-Batterie gelegt; die Lampe brennt an der Gleichspannung, da der Wechselstrom durch die Spule fast vollständig abgedrosselt wird. Parallel zur Spule und $Gl._L$ wird eine Kapazität 4 μF mit einer zweiten Lampe gelegt, durch die der Wechselstrom fließt. Bei hoher Frequenz (10000 Hertz) brennt die Lampe $Gl._L$ gleich hell, ob die Wechselspannung vorhanden ist oder nicht, während die Lampe $Gl._C$ bei Abschalten der Wechselspannung sofort erlischt. Überbrückt man die Gleichspannung mit einer großen Kapazität (10 μF), wie in Fig. 8 angegeben ist, so läßt sich die Gleichspannung abschalten und es erlischt dann $Gl._L$, während $Gl._C$ weiterbrennt.

Die Zusammenschaltung von Spulen und Kapazitäten führt unter gewissen Bedingungen zur Resonanzerscheinung. Über diese Versuche, ebenfalls mit Hilfe des beschriebenen Wechselstromgenerators, soll später berichtet werden.

[1] Ist die Streuung Null, der Koppelungsfaktor der Spulen also gleich 1, so wäre bei gleichen Spulen die resultierende Induktivität gleich Null; die Streuung ist aber bei offenem Eisenkern noch so groß, daß die resultierende Induktivität auch bei engster Koppelung der Spulen noch größer ist als die Induktivität einer Spule ohne Eisenkern.

Neue Versuche mit elektrischen und akustischen Schwingungen[1].

Von Professor Dr. **Ludwig Bergmann** in Breslau.

a) Elektrische Schwingungen.

In dieser Zeitschrift habe ich früher[2] einen Kurzwellen-Röhrengenerator beschrieben, der im Unterricht dazu dienen soll, in Verbindung mit geeigneten Nebenapparaten die verschiedenen Versuche mit hochfrequenten elektrischen Schwingungen und kurzen elektrischen Wellen in besonders anschaulicher Form vorzuführen[3]. Als Senderröhre dient bei diesem Generator die Telefunkenröhre RS 55; mit dieser Röhre läßt sich als kürzeste Welle eine solche von 240 cm erzeugen, wobei die Schwingungsleistung noch 4 bis 5 Watt beträgt. Kürzere Wellen lassen sich aber mit der genannten Röhre infolge der vorgegebenen Röhrendimensionen nicht mehr herstellen. Dies ist leider ein Nachteil, da man gerade im Unterricht aus räumlichen Gründen mit kürzeren elektrischen Wellen experimentieren möchte. Ein zweiter Nachteil, der der Röhre RS 55 für solche Unterrichtsversuche anhaftet, ist die verhältnismäßig hohe Heizleistung von 30 Watt und die bei der Erzeugung der kürzesten Wellen notwendige hohe Anodenspannung von etwa 1000 Volt. Bei Vorhandensein eines Wechselstromnetzes lassen sich zwar die Heiz- und auch die Anodenspannung mittels eines geeigneten Transformators aus dem Netz entnehmen; bei einem Gleichstromnetz ist dies aber nur über den Umweg eines rotierenden Umformers möglich. Ich habe mich deshalb in den letzten Jahren bemüht, den genannten Röhrengenerator so zu verbessern, daß er einmal kürzere Wellen liefert und ferner in der Bedienung, d. h. in erster Linie in seinen elektrischen Betriebsdaten, einfacher wird. Dies ist nun in der Tat unter Verwendung einer neuerdings von Telefunken herausgebrachten Senderröhre RS 245 gelungen. Die Röhre, die in Fig. 1 abgebildet ist, ist speziell für die Erzeugung sehr kurzer Wellen gebaut; zu diesem Zweck ist die Anode und das Gitter getrennt aus der Röhre herausgeführt. Durch den Sockel der Röhre führen lediglich die Heizzuleitungen. Die Heizung der Röhre geschieht bei 2 Volt Spannung mit 1,25 Amp., die Anodenspannung darf maximal bei Gleichstrombetrieb 400 Volt betragen, die Steilheit ist etwa 2 mA/Volt und der Durchgriff ungefähr 8%.

Fig. 1. Senderröhre RS 245 (Telefunken).

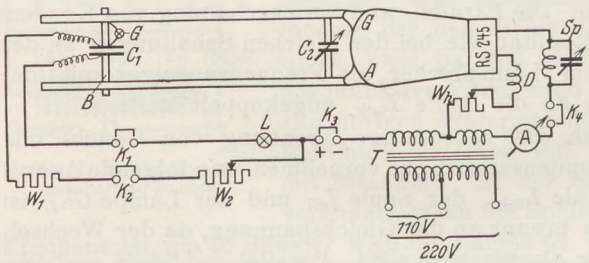


Fig. 2. Schaltbild des mit RS 245 gebauten Kurzwellengenerators.

Mit dieser Röhre lassen sich noch Wellen von 140 cm in der normalen Rückkopplungsschaltung erzeugen, wobei die Schwingungsleistung etwa 1 Watt beträgt. Bei Wellen von 3 m und darüber liefert die Röhre sogar 3 bis 5 Watt Schwingungsenergie. Fig. 2 zeigt das Schaltbild des mit dieser Röhre gebauten Kurzwellengenerators. Die Schaltung ähnelt im Prinzip der bei Verwendung der RS 55 benutzten Anordnung. Bei Betrieb aus dem Wechselstromnetz wird sowohl die Anoden- als auch die Heizspannung über den Transformator T dem Lichtnetz entnommen. Im Heizkreis der Röhre liegt der regulierbare Heizwiderstand W_h, eine Drosselspule D, bestehend aus 6 bis 8 Windungen von etwa 20 mm Durchmesser, der Sperrkreis Sp.

[1] Teil eines auf der 36. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in Berlin 1934 gehaltenen Vortrages.

[2] L. Bergmann: Diese Zeitschr. **41**, 209 (1928).

[3] Diese Zeitschr. **43**, 122 (1930); ferner L. Bergmann: Versuche mit hochfrequenten elektrischen Schwingungen und kurzen elektrischen Wellen. Verl. Ferd. Dümmler, Bonn 1932.

ein Amperemeter zur Messung des Heizstromes und zwei Steckbuchsen K_4, die bei Wechselstrombetrieb durch einen Kurzschlußstecker überbrückt werden und dazu dienen, bei Gleichstrombetrieb die Röhre aus einem Akkumulator zu heizen.

Der Schwingungskreis des Senders besteht aus einem Paralleldrahtsystem, das direkt an die Anoden- bzw. Gitterausführung der Röhre angeschlossen ist. Der Abstand der Paralleldrähte, die aus 25 cm langen und 4 mm dicken Kupferdrähten bestehen, beträgt dann etwa 6,5 cm. Das ganze Paralleldrahtsystem wird, wie es die Fig. 3 zeigt, von 4 Säulen aus Isoliermaterial getragen. Auf den Drähten ist eine Brücke B verschiebbar angebracht. Sie enthält in der Mitte den Blockkondensator C_1 (50 bis 100 cm) und die im Nebenschluß angebrachte Indikatorlampe G. Durch Verschieben dieser Brücke geschieht die Veränderung der Wellenlänge. Um nun aber auch während des Betriebes die Welle zu variieren, ist dicht neben der Anoden- bzw. Gitterausführung ein kleiner variabler Drehkondensator C_2 auswechselbar angebracht. Dieser Kondensator besteht aus zwei runden Metallplatten von etwa 25 mm Durchmesser, deren Abstand sich durch eine Schraubenspindel verändern läßt. Die Anbringung dieses Kondensators ist für viele Versuche sehr bequem, da sich damit der Sender im Betrieb auf die Anordnung, die elektrisch angeregt werden soll, abstimmen läßt. Durch die maximale Kapazität dieses Kondensators und die Länge der Paralleldrähte ist die größte Wellenlänge bestimmt, die sich mit dem Generator in diesem Aufbau erzeugen läßt. Sie beträgt ungefähr 300 cm. Die kürzeste Welle, die man noch mit einigermaßen brauchbarer Energie erhält, beträgt etwa 140 cm. Um den Wellenlängenbereich nach langen Wellen bis etwa 420 cm zu erweitern, besteht die Möglichkeit, die beiden parallelen Drähte noch in einem zweiten etwa 15 cm weiten gegenseitigen Abstand an der Röhre anzubringen. Fig. 4 zeigt, wie sich das in einfacher Weise machen läßt. Die verschiebbare Brücke B muß zu diesem Zweck durch ein passendes Rohrstück verlängert werden.

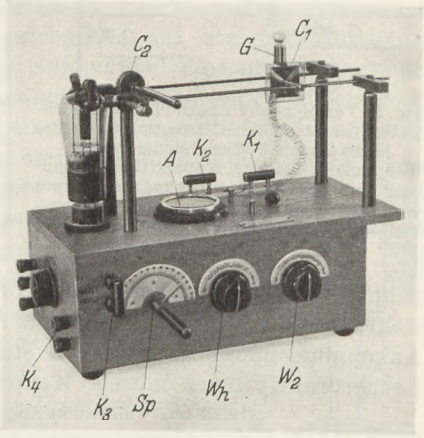


Fig. 3. Ansicht des Kurzwellengenerators.

Die Zuführung der Anodenspannung sowie die Ableitung des Gitters geschieht über flexible Drahtspiralen dicht neben dem Blockkondensator C_1. Bei Wechseltrombetrieb wird die Anodenspannung aus dem Wechselstromnetz über den Transformator T entnommen. Sie darf dann maximal 450 Volt betragen. Zur Messung des Anodenstromes sind die beiden Buchsen K_1 vorgesehen; die beiden anderen Buchsen K_3 sollen dazu dienen, bei Gleichstrombetrieb eine Spannung von 220 bis 400 Volt zuzuführen. In die Anodenzuleitung ist eine Metallfadenlampe L (110 Volt, 15 Watt) eingeschaltet. Sie dient dazu, ein ungewolltes Ansteigen des Anodenstromes und eine damit verbundene Überlastung der Röhre dadurch zu verhindern, daß sich automatisch an der Glühlampe mit steigendem Anodenstrom ein höherer Spannungsabfall einstellt, der wiederum die Anodenspannung an der Röhre herunterdrückt. Das Gitter der Röhre ist über einen festen Widerstand W_1 von 15000 Ohm und einen regulierbaren Widerstand W_2 von 10000 Ohm, die beide in Dauerbelastung etwa 20 mA aushalten müssen, zur positiven Anodenklemme abgeleitet. Die Steckbuchsen K_2 gestatten

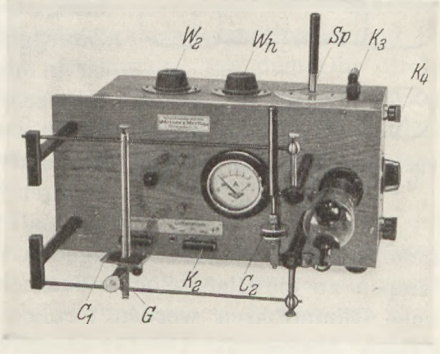


Fig. 4. Kurzwellengenerator mit erweitertem Wellenlängenbereich.

während des Betriebes eine Messung des Gitterstromes, der den Betrag von 25 mA nicht überschreiten soll. Die für den Betrieb der Röhre jeweils günstigste Gitterspannung läßt sich durch Einregulierung des Widerstandes W_2 einstellen.

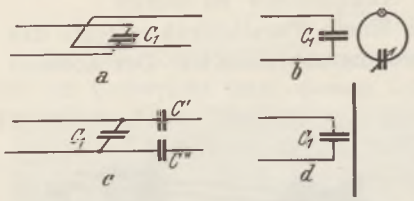


Fig. 5. Verschiedene Ankopplungsmöglichkeiten. *a* Induktive Ankopplung eines horizontalen Lechersystems mittels Kopplungsschleife. *b* Kapazitive Ankopplung des Systems *a*. *c* Ankopplung eines vertikalen geschlossenen Schwingungskreises. *d* Ankopplung einer vertikalen Antenne.

Der gesamte Aufbau des Röhrengenerators[1] geht aus den beiden Fig. 3 und 4 hervor. Sämtliche Widerstände, der Sperrkreis in der Heizleitung, die Drosseln, das Heizstromamperemeter und der Netzanschlußtransformator sind in einem Kasten (ungefähre Größe $30 \times 16 \times 10$ cm) untergebracht, der als Unterlage für den Aufbau des Senders dient. Der Sender läßt sich sowohl in der Stellung der Fig. 3, also mit horizontal liegendem Schwingungskreis, als auch in der Stellung der Fig. 4, d. h. mit vertikal stehendem Schwingungskreis, in Betrieb nehmen. Die letzte Stellung ist besonders bequem für die Ankopplung von vertikal stehenden Schwingungskreisen und vertikalen Antennen. Fig. 5 zeigt verschiedene Ankopplungsmöglichkeiten; 5*a* stellt die induktive Ankopplung eines horizontalen Lecherdrahtsystems mittels Kopplungsschleife, 5*b* die kapazitive Ankopplung des gleichen Lechersystems dar, wobei die beiden kleinen Blockkondensatoren C' und C'' die am Senderschwingungskreis liegende hohe Anodenspannung von den Lecherdrähten fernhalten. 5*c* und 5*d* zeigen die Ankopplung eines vertikal stehenden geschlossenen Schwingungskreises bzw. einer vertikal stehenden Antenne.

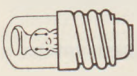


Fig. 6. Zwergglimmlampe.

Zum Nachweise der Spannungsverhältnisse auf den Lecherdrähten dienen in bekannter Weise Glimmlampen bzw. Glimmröhren. Ich habe in meinen früheren Arbeiten besonders auf die Verwendung der Osram-Signalglimmlampe hingewiesen, da sie sich außerordentlich gut für diese Zwecke eignet. In neuer Zeit bringt Osram noch eine kleinere Glimmlampe, die sog. Zwergglimmlampe (Type T 1, 110 Volt) in den Handel. Sie ist in der Fig. 6 wiedergegeben. Sie zeichnet sich durch ihre sehr kleine Form (Durchmesser etwa 12 mm, Gesamthöhe etwa 28 mm) aus, so daß sie sich ohne besondere kapazitive Störung an den betreffenden Apparaturen anbringen läßt. Außerdem kommt für hochfrequente Versuche noch als besonders günstig hinzu, daß im Sockel der Lampe kein Vorschaltwiderstand eingebaut ist, wie er für den normalen Anschluß von Glimmlampen an ein Gleich- oder Wechselstromnetz notwendig ist. Besondere sehr empfindliche Glimmröhren werden ferner von der Deutschen Glimmlampen-Gesellschaft in Leipzig hergestellt. Die für Hochfrequenzzwecke gebräuchlichsten Typen sind in der Fig. 7 wiedergegeben. Wie man erkennt, besitzt die eine Type nur Außenelektroden und hat dadurch eine besonders geringe Eigenkapazität.

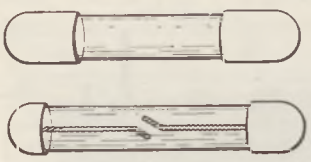


Fig. 7. Empfindliche Glimmröhre der Deutschen Glühlampen-Gesellschaft.

Volt	Amp.	Watt	Bestell-Nr.
1,5	0,25	0,375	3614
2,5	0,2	0,5	3610
2,5	0,3	0,75	3625
3—4,5	0,04	0,12	3705
3,5	0,2	0,7	3612
4	0,1	0,4	3729
4	0,4	1,6	3707

Zum Nachweise der Stromverhältnisse bei hochfrequent schwingenden Anordnungen dienen kleine Glühlampen, die entweder in die Strombahn direkt eingeschaltet oder in den Nebenschluß zum Stromleiter gelegt werden. Nebenstehende von Osram hergestellte Zwerg-Glühlampen haben sich besonders bewährt. Je nach der Größe der vom Sender gelieferten Energie wird man Lampen mit größerem oder kleinerem Wattverbrauch wählen. Bezüglich der mannigfachen Versuche, die sich mit dem hier

[1] Der beschriebene Röhrengenerator wird von der Firma Meiser & Mertig in Dresden N 6 hergestellt.

beschriebenen Röhrengenerator anstellen lassen, muß ich auf meine früheren Arbeiten verweisen (l. c.).

b) Akustische Schwingungen.

Ich habe kürzlich in dieser Zeitschrift[1] und an anderer Stelle[2] noch ausführlicher beschrieben, wie man mit Hilfe einer lichtelektrischen Zelle die schwingenden Bewegungen einer Stimmgabel einem größeren Hörerkreise dadurch sichtbar machen kann, daß man über einen an der Stimmgabelzinke befestigten kleinen Spiegel einen Lichtstrahl unter Zwischenschaltung geeigneter Strichgitter auf die lichtelektrische Zelle fallen läßt, so daß diese bei Bewegungen der Stimmgabel eine intermittierende Beleuchtung erhält und einen in der Stimmgabelfrequenz unterbrochenen Gleichstrom liefert, der sich weitgehend verstärken und dann mit einem Demonstrationsgalvanometer nachweisen läßt. Diese Anordnung ist ganz außerordentlich empfindlich, jedoch in ihrem Aufbau etwas umständlich. Ich will hier eine andere Anordnung beschreiben, die in etwas einfacherer Weise ebenfalls zum Nachweise von Stimmgabelschwingungen dienen kann und recht gute Dienste leistet.

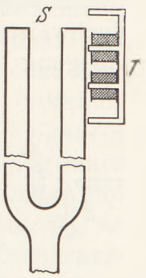


Fig. 8. Nachweis von Stimmgabelschwingungen mittels Rundfunktelefons.

Der Nachweis der Schwingungen der Stimmgabel geschieht mit einem gewöhnlichen Rundfunktelefon (2000 Ohm Wicklung), dessen Membran abgeschraubt ist. Dieses Telefon wird dicht neben dem oberen Ende einer Stimmgabelzinke mittels eines Stativs so angebracht, wie es die Fig. 8 zeigt. Wenn die Stimmgabel schwingt, wird der magnetische Kraftfluß durch die beiden Telefonspulen im Rhythmus der Stimmgabelfrequenz verändert und in den Spulen eine Wechselspannung induziert, die sich mit einem Röhrenverstärker verstärken läßt. Je dichter sich das Telefon an der Stimmgabelzinke befindet, um so empfindlicher ist die Anordnung; doch ist bei Resonanzversuchen zu beachten, daß durch die anziehende Wirkung der Telefonmagnete eine um so stärkere Verstimmung der Stimmgabel eintritt, je dichter sich das Telefon an der Stimmgabelzinke befindet.

Schlägt man z. B. die Stimmgabel leicht an, so läßt sich der Abklingungsvorgang der Stimmgabelschwingungen minutenlang mit einem an den Ausgang des Verstärkers angeschlossenen Lautsprecher verfolgen, und die Stimmgabelschwingungen sind im Lautsprecher noch gut hörbar, wenn der Ton der Stimmgabel mit dem Ohr direkt nicht mehr wahrgenommen werden kann. Für diesen Versuch ist als Verstärker nur ein zweifacher Niederfrequenzverstärker mit Transformatorkopplung nötig. Das Telefon wird zweckmäßig über einen Eingangstransformator mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 4 an die erste Röhre angeschlossen.

Nebenbei läßt sich mit dieser Anordnung auch sehr schön das Prinzip der Rückkopplung und die Wirkungsweise eines Stimmgabelgenerators demonstrieren. Man legt in den Ausgang des Verstärkers ein zweites Telefon, dessen Membran ebenfalls abgeschraubt ist und befestigt dieses Telefon dicht neben dem oberen Ende der anderen Zinke der Stimmgabel. Durch die Wechselströme, die in diesem Telefon fließen, wird die Stimmgabel erneut zu Schwingungen angestoßen, die dann das andere Telefon wieder an den Verstärker weitergibt. Die Stimmgabel schaukelt sich zu kräftigen Schwingungen auf, die man mit dem Ohr deutlich vernimmt, wenn die Stimmgabel auf einem Resonanzkasten befestigt ist. Ist letzteres nicht der Fall, so kann man zum Nachweise der Schwingungen in den Ausgang des Verstärkers noch einen Lautsprecher legen. Bei diesem Versuch ist darauf zu achten, daß das zweite Telefon in richtiger Polung an den Verstärker angeschlossen wird, da nur bei phasenrichtiger Rückkopplung die Anordnung schwingen kann.

Für den Nachweis sehr schwacher Stimmgabelschwingungen, wie sie bei den weiter unten beschriebenen Versuchen auftreten, ist eine größere Verstärkung not-

[1] Diese Zeitschr. **46**, 49 (1933).
[2] Zeitschr. techn. Physik **13**, 568 (1932); Physik. Zeitschr. **32**, 688 (1931).

wendig. Ich habe mit Erfolg als Verstärkeranordnung die Kombination einer dreifachen Niederfrequenzverstärkerröhre der Firma Radio-A.-G. Loewe, Berlin, mit einem Zweifach-Verstärker benutzt, der als Eingangsröhre die Telefunkenröhre RE 034 und als Endrohr eine in Widerstandskopplung angeschaltete Röhre RE 604 besitzt. Beide Verstärker sind über einen Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 3 miteinander verbunden und werden aus getrennten Batterien gespeist. Beim Zusammenbau der Verstärker ist auf gute Leitungsführung zu achten, um störende Rückkopplungen zu vermeiden. Es ist zweckmäßig, den zweiten Verstärker durch einen geerdeten Blechkasten gegen den Eingangsverstärker abzuschirmen. Im Ausgangskreis einer solchen Verstärkeranlage erhält man leicht 1 bis 2 Watt Wechselstromleistung, so daß sich die Schwingungen der Stimmgabel durch das Aufleuchten von Glüh- oder Glimmlampen sichtbar machen, bzw. durch den Ausschlag eines Milliamperemeters nachweisen lassen. Zum Anschluß der Glimmlampen als Indikator legt man in den Ausgang der letzten Verstärkerröhre einen Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1 bzw. 1 : 2; für den Anschluß der Glühlampen und des Milliamperemeters ist es dagegen notwendig, die verstärkte Wechselspannung auf wenige Volt herunterzutransformieren. Dies muß mit einem geeigneten Ausgangstransformator geschehen, dessen Sekundärwicklung einen möglichst geringen Ohmschen Widerstand besitzt (z. B. Ausgangstransformator für Anschluß eines elektrodynamischen Lautsprechers)[1]. Für den Anschluß eines Milliamperemeters (Meßbereich 1 bis 10 mA) ist ferner noch eine Gleichrichtung der vom Verstärker gelieferten Wechselspannung erforderlich; dies geschieht am bequemsten mit einem Selentrockengleichrichter für Meßzwecke[2].

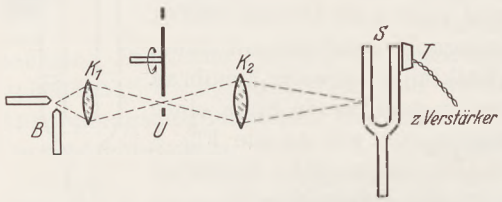


Fig. 9. Anregung einer Stimmgabel durch einen intermittierenden Lichtstrahl.

Mit der beschriebenen Anordnung lassen sich nun folgende Versuche ausführen. Normalerweise regt man eine Stimmgabel entweder durch Anschlagen oder durch Anstreichen mit einem Bogen zu Eigenschwingungen an, oder man versetzt sie auf akustischem Wege mittels einer zweiten Resonanzstimmgabel in Schwingungen. Der folgende Versuch soll zeigen, daß sich eine Stimmgabel auch durch einen intermittierenden Lichtstrahl zu Eigenschwingungen anregen läßt. Fig. 9 zeigt den dazu notwendigen Aufbau. Das Licht einer kleinen Bogenlampe (5 bis 8 Amp.) geht über einen Kondensor K_1 durch die Löcher einer Lochscheibe U und wird durch einen zweiten Kondensor K_2 auf dem unteren Ende der Zinke einer Stimmgabel S vereinigt. Dicht neben dem oberen Ende der anderen Stimmgabelzinke ist in der oben beschriebenen Weise das Telefon T befestigt. Das Telefon ist an den Eingang des Verstärkers geschaltet, in dessen Ausgang bei diesem Versuch über Transformator und Gleichrichter ein Milliamperemeter eingeschaltet wird. Die Lochscheibe U wird von einem Uhrwerk oder einem kleinen Elektromotor so angetrieben, daß sich ihre Umlaufszahl stetig verändern läßt. Die Stimmgabel wird also von intermittierendem Licht getroffen und dehnt sich infolge der dabei auftretenden Erwärmungen im Rhythmus der Lochscheibenfrequenz aus. Die Stimmgabel wird dann in dem Augenblick, wenn die Lochscheibenfrequenz mit der Stimmgabelfrequenz übereinstimmt, zu Eigenschwingungen angeregt, die sich an einem kräftigen Ausschlag des Milliamperemeters erkennen lassen. Um diesen Effekt zu erreichen, genügt es, daß nur für einen Augenblick die Lochscheibenfrequenz mit der Stimmgabelfrequenz übereinstimmt, d. h. es braucht die Lochscheibenfrequenz nicht dauernd gleich der Stimmgabelfrequenz gehalten zu werden, was an und für sich sehr schwer ist. Am leichtesten gelingt der Versuch, wenn man die Lochscheibe allmählich schneller laufen läßt;

[1] Geeignete Transformatoren liefert z. B. die Firma J. K. Görler in Charlottenburg 1.
[2] Vgl. z. B. L. Bergmann, Versuche mit Selengleichrichtern, diese Zeitschr. **46**, 49 (1933).

dann tritt bei einer bestimmten Tourenzahl plötzlich das Anschwingen der Stimmgabel ein, und das Amperemeter zeigt einen Ausschlag, der allmählich entsprechend der abklingenden Stimmgabel wieder auf Null zurückgeht, da inzwischen die Tourenzahl der Lochscheibe höher geworden ist und die Stimmgabel also nicht mehr angeregt wird. Stellt man jetzt den Antriebmotor der Lochscheibe ab, so wiederholt sich die Erscheinung nochmals in dem Augenblick, wenn die Lochscheibenfrequenz mit der Stimmgabelfrequenz zusammenfällt. Versucht man die Frequenz der Lochscheibe auf die Stimmgabelfrequenz einzuregulieren, so erhält man stets nur Schwebungen, die sich deutlich in einem Hin- und Herpendeln des Zeigers des Meßinstrumentes erkennen lassen. Es mag an dieser Stelle erwähnt werden, daß sich außer Stimmgabelschwingungen auch andere schwingungsfähige Gebilde wie Stäbe, Platten usw. mittels intermittierenden Lichtes und der damit verbundenen thermischen Ausdehnung zu Eigenschwingungen anregen lassen, wobei sich dann die Eigenfrequenz des betreffenden Systems aus der leicht zu ermittelnden Lochscheibenfrequenz feststellen läßt.

Sehr schön lassen sich mit dem beschriebenen Verfahren des als Indikator dienenden Telefons auch die Schwebungen zwischen zwei Resonanzstimmgabeln vorführen. Zu diesem Zweck wird das Telefon gegenüber dem oberen Ende einer auf einem Resonanzkasten befindlichen Stimmgabel angebracht. Erregt man nun die Stimmgabel in bekannter Weise mittels einer zweiten gleichen Stimmgabel, so lassen sich die Resonanzschwingungen der ersten Stimmgabel über die Verstärkeranordnung, z. B. durch das Aufleuchten einer Glühlampe, am Ausgange des Verstärkers nachweisen. Die Empfindlichkeit der Anordnung läßt sich leicht so weit treiben, daß die Glühlampe aufleuchtet, wenn die zweite Stimmgabel in einer Entfernung von 10 m kräftig angestrichen wird. Verstimmt man die erregende Stimmgabel etwas, so treten bekanntlich Schwebungen auf. Die langsamen Schwebungen, die sich ohne Schwierigkeit mit einer Schwebungsfrequenz von mehreren Sekunden erzeugen lassen, sind besonders schön durch das im Rhythmus der Schwebungsfrequenz erfolgende Aufleuchten der Glühlampe am Verstärkerausgang auch aus größerer Entfernung zu erkennen. Bei schnelleren Schwebungen muß man allerdings wegen der Trägheit der Glühlampe eine Glimmlampe als Indikator benutzen. Die beschriebenen Versuche sind ganz außerordentlich anschaulich und so wirkungsvoll, daß sich die Mühe des Aufbaus reichlich lohnt.

Kleine Mitteilungen.

Spiegelung an einer Kugelfläche.

Von **A. Adler** in Bad Driburg (Westf.)

Bildet man einen beleuchteten, waagrechten Spalt mittels einer Sammellinse auf einen senkrechten Schirm ab und bringt in den Strahlengang unmittelbar vor dem Schirm so eine reflektierende Kugelfläche, daß die Ebene der Lichtstrahlen die Kugel am oberen oder unteren Rande schneidet, so erhält man auf dem Schirm ein aus Interferenzfarben bestehendes Bild. Es wird erzeugt von jenen Strahlen, welche die Kugelfläche zu beiden Seiten streifend treffen. Die Kugelfläche hat man in einer gut geblasenen, größeren Christbaumkugel. Fig. 1 zeigt ein Spiegelungsbild, das mit einer Christbaumkugel gewonnen wurde.

Schöner fällt der Versuch aus, wenn man eine auf einem Ring ruhende Seifenblase benutzt, wie es bei Fig. 2 geschehen ist. Infolge der Durchsichtigkeit der Seifenblase erstreckt sich das Spiegelungsbild auch nach unten, das zudem prächtigere Farben zeigt und von etwas anderer Form ist wie im ersten Falle. Es erinnert an ein Pfauenauge, das von zwei Lichtstreifen eingeschlossen ist. Die Konstruktion des Strahlenganges läßt sich mit Hilfe des Grund- und Aufrißverfahrens der darstellenden Geometrie durchführen, wobei jene Strahlen ausfindig zu machen sind, die nach der Reflexion den Schirm wirklich treffen.

Läßt man das Spaltbild nicht unmittelbar auf den Schirm fallen, sondern zuerst auf einen ebenen, um eine waagrechte Achse drehbaren Spiegel, wobei der Schirm etwa neben die Linse zu stehen kommt, so ergibt sich bei der Seifenblase eine weitere reizvolle Beobachtung. Dreht man nämlich den Spiegel langsam um seine Achse, wobei der vom Spalt kommende Lichtstreifen die Seifenblase von unten nach oben (oder umgekehrt) überstreicht, so wächst und verschwindet das Pfauenauge, und die beiden das Auge einschließenden Lichtstreifen rotieren in entgegengesetzter Richtung.

Zur photographischen Aufnahme eines Spiegelungsbildes stellt man an Stelle des Schirmes die Kassette, auf

Fig. 1. Spiegelung eines Spaltes an einer Christbaumkugel.

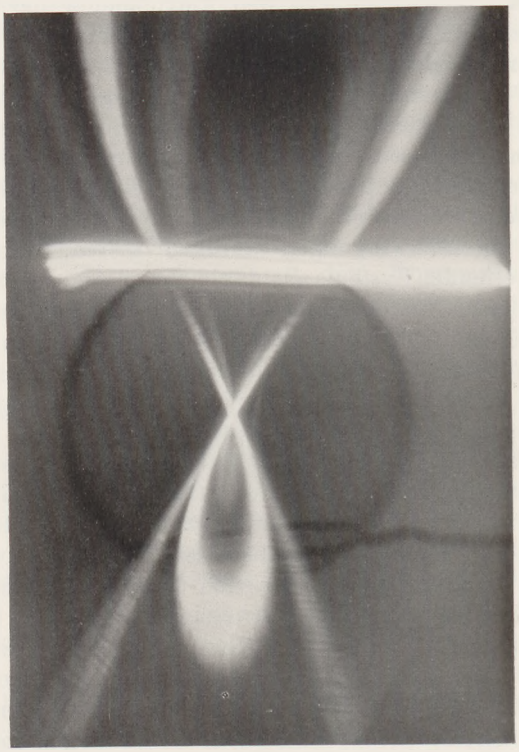


Fig. 2. Spiegelung eines Spaltes an einer Seifenblase.

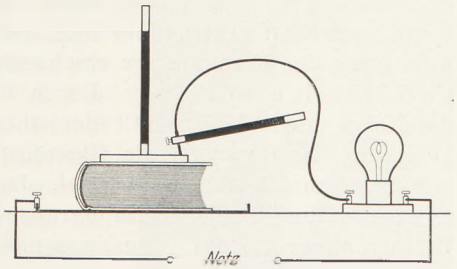
deren Schieber man zur Einstellung des Bildes ein Blatt weißes Papier geklebt hat. Nach Einstellung des Bildes klemmt man den Spiegel fest, verhängt den Spalt mit einem Tuch, öffnet die Kassette, zieht für einen kurzen Augenblick das Tuch vom Spalt weg und verschließt die Kassette wieder.

Halbleiter-Kondensatoren.

Von Dr. E. Lieb in Stuttgart.

Zum Nachweis kleiner Spannungen hat F. LAUBE den Johnsen-Rahbek-Kondensator benutzt (diese Zeitschrift **35**, 254; 1922). Ersetzt man den Lithographenstein durch einen anderen Halbleiter, etwa Papier, so läßt sich die Johnsen-Rahbek-Anziehung zwar nicht mehr zeigen, doch erhält man immer noch eine beträchtliche Kapazitätsvermehrung. Die Blechunterlage eines Elektrophors wird mit dem einen Pol des Gleichstromnetzes verbunden (siehe die Figur). Auf sie legt man ein dickes Buch, darauf kommt der Elektrophordeckel oder eine mit Hartgummigriff versehene Kondensatorplatte. Sie wird auf das Buch gedrückt und mit dem Draht berührt, der am andern Netzpol liegt. Zur Vermeidung von Kurzschlüssen schaltet man in eine der Leitungen eine Glühlampe. Nach der Berührung bringt man die Deckplatte an den Knopf eines Elektrometers (z. B. BRAUNSches Elektrometer, Skale bis 1500 Volt). Ein 4,6 cm dickes Buch ergab bei 110 Volt Netzspannung einen Ausschlag von 500 Volt. Bei rascher Wiederholung des Versuchs, wobei Platte und Elektrometer jedesmal entladen wurden, ließ sich eine Zunahme der Ausschläge feststellen. Fünf

aufeinandergelegte Bände der Poskeschen Zeitschrift lieferten 450 Volt. Mit einem ähnlichen Kondensator läßt sich auch das Anwachsen der Spannung bei Hintereinanderschaltung von Elementen einer Wasserbatterie oder Akkumulatorenzellen am BRAUNschen Elektrometer zeigen. Ich benutze dazu einen Kondensator von 14 cm Plattendurchmesser. Zwischenmedium ist ein Blatt gewöhnliches Schreibpapier. Um immer mit gleichem Druck der Deckplatte gegen das Papier zu arbeiten, wird diese ohne besonderen Druck aufgesetzt; sie ist dauernd mit dem Elektrometer verbunden, und die Berührung mit dem andern Pol geschieht am Elektrometerknopf. Für eine 12-Volt-Batterie betrug der Ausschlag 900 Volt. Zwar kann auch auf dem Papier beim Aufsetzen und Abheben des Deckels Reibungselektrizität entstehen, doch ist sie auf dem Halbleiter nicht so störend wie auf der üblichen Lackschicht. Bei 220 Volt angelegter Spannung ließ das Papier einen Dauerstrom von der Größenordnung 10^{-7} A hindurch. Statt des Papiers können auch andere Halbleiter verwendet werden. So ergab ein glattgehobeltes Brettchen von 1,6 cm Dicke einen Ausschlag über die Skale hinaus und ein 30 cm hohes Holztischchen, auf die Elektrophorunterlage gestellt, noch 500 Volt.



Halbleiter-Kondensator.

Demonstration der Brownschen Molekularbewegung mit einfachen Hilfsmitteln.

Von **R. Scharf** in Berlin.

In der Theorie über die Absorbierbarkeit (bzw. Adsorbierbarkeit) von Gasen und Dämpfen einerseits und Schwebstoffen andererseits spielt die BROWNsche Molekularbewegung eine große Rolle. Geht ein Gasstrom durch ein Absorptionsmittel hindurch, so kommt fast jedes einzelne Gasmolekül infolge seiner lebhaften Eigenbewegung mit dem Absorptionsmittel zusammen. Die Schwebstoffteilchen dagegen haben eine durch ihre Größe bedingte weit geringere Eigenbewegung, und so ist es verständlich, daß Schwebstoffe so schlecht absorbiert werden.

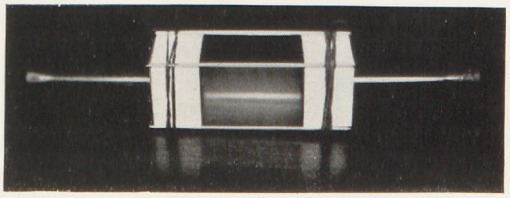


Fig. 1. Rauchkammer in einfacher Ausführung.

In meiner Arbeit „Chemische Schulversuche zum Luftschutz“ im laufenden Jahrgange dieser Zeitschrift, S. 54, führte ich als Versuch 15 auf S. 61 die BROWNsche Molekularbewegung an, jedoch mit wässerigen Suspensionen. Wenn man auch, vor allem beim Arbeiten mit einer Aufschlämmung von Zinnober-Tuschkastenfarbe, besonders schön die Abhängigkeit der Beweglichkeit von der Teilchengröße beobachten kann, so schien es doch sehr erwünscht, noch im gasförmigen Medium die BROWNsche Bewegung zeigen zu können. Für diesen Zweck gibt es Mikroskop-Kondensoren für Dunkelfeld-Beleuchtung mit eingebauter Rauchkammer, die jedoch für Schulen zu teuer sind. Man kann sich auf folgende einfache Weise diese Vorrichtung ersetzen:

Auf den Objekttisch eines gewöhnlichen Schüler-Mikroskops wird eine gläserne Rauchkammer gelegt. Ein schmales Strahlenbündel wird von der Seite her durch diese Rauchkammer geschickt. Das durch die Rauchteilchen abgebeugte Licht wird mit dem Mikroskop von oben beobachtet. Man arbeitet am besten mit schwachem Objektiv und starkem Okular, so daß die Gesamtvergrößerung etwa 100 bis 150 × beträgt.

Die Rauchkammer kann man sich leicht selbst herstellen (siehe Fig. 1). Es werden zunächst zwei Holzklötzchen (am besten Hartholz) von 24 × 26 mm Grundfläche hergerichtet, die in der Mitte dieser Fläche eine dazu senkrechte Bohrung von etwa 5 mm Durchmesser haben, so daß Glasröhrchen von 5 cm Länge gerade fest

darin sitzen. Die Wände der Rauchkammer werden durch vier Objektträger von 26 mm Breite gebildet, die um die beiden Holzklötzchen herumgelegt und mit je einem Schnürgummi an beiden Seiten zusammengehalten werden. Wenn die Klötzchen zu locker in dem gebildeten Glas-Hohlprisma liegen, so klebt man auf die entsprechenden Flächen der Klötzchen noch einen oder mehrere Streifen Papier auf. Eine Verkittung der Glasstreifen miteinander oder mit dem Holz ist nicht zweckmäßig, da sonst die Reinigung der Glaskammer erschwert wird; für den gedachten Zweck ist eine geringe Undichtigkeit ohne Belang. Durch die eingesetzten Glasröhrchen wird Rauch bzw. ein Nebel (siehe Versuch 13 der oben erwähnten Arbeit auf S. 60) in die Kammer geblasen; dann werden die Glasröhrchen durch kleine Korkstopfen verschlossen.

Das schmale Strahlenbündel, das durch die Rauchkammer hindurchgehen soll, kann mit dem Projektionsapparat hergestellt werden, oder es wird eine besondere Beleuchtungsvorrichtung zusammengestellt. Beim Arbeiten mit dem Projektionsapparat schiebt man an Stelle eines Diapositivs eine Pappe entsprechender Größe ein, die in der Mitte ein rechteckiges Loch von 2 mm Höhe und 5 mm Breite besitzt. Bei längstem Objektivauszug sucht man sich die Stelle auf, wo das Strahlenbündel seine stärkste Einschnürung hat, und stellt das Mikroskop mit der auf dem Objekttisch liegenden Rauchkammer so auf, daß dieser Teil des Strahlenbündels im oberen Teil der Rauchkammer senkrecht auf eine Seitenwand der Kammer auftrifft. Sollte der Projektionsapparat keine große Auszugslänge für das Objektiv zulassen, so kann entweder das Objektiv auf einem Stativ besonders aufgestellt werden, oder es wird eine Sammellinse passender Brennweite vor das Objektiv gestellt, um die Einschnürung des Bündels (das Bild des Spaltes) genügend klein und lichtstark zu machen.

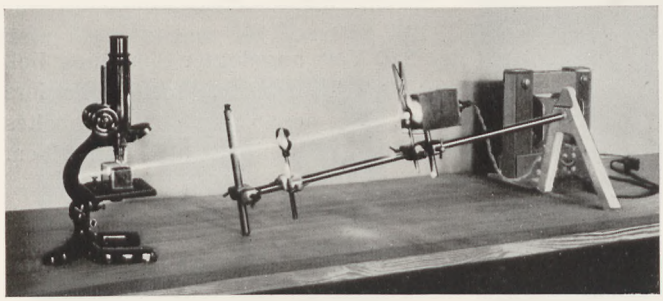


Fig. 2. Versuchsanordnung für das Beobachten der Brownschen Molekularbewegung.

Die besondere Beleuchtungsvorrichtung (siehe Fig. 2) besteht aus einer 6-Volt-25-Watt-Lampe (Schullampe Nr. 2), die in einem kleinen Gehäuse untergebracht ist. Davor wird eine Kondensorlinse von etwa 2 cm Brennweite und 16 mm Linsendurchmesser angebracht, die mit einer kleinen Spaltblende (s. o.) aus schwarzem Papier bedeckt ist. Eine Sammellinse von etwa 12 cm Brennweite (Brillenglas) schnürt das Strahlenbündel ein, und an der Stelle der stärksten Einschnürung wird in der schon beschriebenen Weise das Mikroskop mit der Rauchkammer aufgestellt.

Wenn eine einseitige Erwärmung der Rauchkammer durch Nebenlicht vermieden wird, kommt der Inhalt der Kammer bald zur Ruhe, und man kann die hin- und hergehende Bewegung der Rauchteilchen sehr deutlich beobachten.

Über den Erfinder des Kippschen Gasentwicklungsapparates.

Von **Heinrich Rheinboldt** in Bonn.

Über den Erfinder des heute in allen Laboratorien und Unterrichtsstätten gebräuchlichen Kippschen Gasentwicklers ist sehr wenig bekannt, in der Literatur findet man kaum etwas. Da aber im Unterricht, wenn er lebensnah gestaltet werden soll, hinter dem Sachlichen stets die Persönlichkeit stehen muß, habe ich mich bemüht, einige Angaben zu beschaffen[1].

[1] Für freundliche Auskünfte und Überlassung des Bildmaterials bin ich der Firma P. J. Kipp & Zoonen, Delft, zu besonderem Dank verbunden.

PETRUS JACOBUS KIPP (Fig. 1) wurde am 5. März 1808 in Utrecht (Holland) geboren. Nach beendeter Ausbildung gründete er im Jahre 1830 in Delft eine Apotheke und begann gleichzeitig ein Handelsgeschäft in physikalischen sowie chemischen Apparaten und Bedarfsartikeln, das sich in kurzer Zeit ansehnlich entwickelte. P. J. KIPP brachte den Naturwissenschaften regstes Interesse entgegen und beschäftigte sich in seinen Mußestunden in seinem Laboratorium mit chemischen Versuchen und Untersuchungen, die sich vor allem auf das Gebiet der Geologie erstreckten. Hierbei erfand er den nach ihm benannten Gasentwicklungsapparat, der etwa 1862 in den Handel gebracht wurde. Fig. 2 zeigt die ursprüngliche Form des Apparates, die sich von der heutigen im wesentlichen dadurch unterscheidet, daß der Apparat aus drei durch Schliffe miteinander verbundenen Teilen bestand, während später der mittlere Teil und der Fuß aus einem Stück gefertigt wurden mit der bekannten Einschnürung, wodurch auch das Steigrohr für die Flüssigkeit aus dem Fuß in den Mittelteil zum Fortfall kam. P. J. KIPP starb am 3. Februar 1864, nachdem er eine fortschreitende Entwicklung seines Geschäftes hatte erleben dürfen.

Fig. 1. PETRUS JACOBUS KIPP 1808–1864.

Das Unternehmen wurde von seinen Söhnen ADRIANUS JOHANNES und WILHELMUS ARNOLDUS unter dem Namen „P. J. KIPP & ZOONEN“ fortgeführt. W. A. KIPP widmete sich der Apotheke und dem mit ihr verbundenen Chemikalienhandel, während A. J. KIPP den Handel mit Instrumenten und Laboratoriumsgeräten besorgte. Nach einiger Zeit wurden die beiden Abteilungen voneinander getrennt und als selbständige Unternehmen weitergeführt. Apotheke und Chemikalienhandlung von W. A. KIPP bestehen heute noch in Delft. Gegen 1875 begann A. J. KIPP mit der eigenen Fabrikation von physikalischen Apparaten und nahm 1881 zur Leitung der Werkstätten JAN WILLEM GILTAY[1] in die Firma auf, der sie 1887, da sich KIPP krankheitshalber von den Geschäften zurückziehen mußte, käuflich erwarb. Mit der Fabrikation von Feininstrumenten, wie Dynamometern, Galvanometern, Mikrotomen und vor allem Selenzellen machte sich die Firma „P. J. KIPP & ZOONEN, J. W. GILTAY opvolger“ schnell einen Namen und entwickelte auch das Geschäft in chemischen Gerätschaften bedeutend. Im Jahre 1912 verkaufte GILTAY das Unternehmen, war aber noch einige Jahre als Kompagnon des neuen Besitzers O. A. ANKERSMIT tätig. Im Jahre 1917 wurde die Firma zwecks Erweiterung der Werkstätten in eine Aktiengesellschaft „N. V. Instrumentenfabriek en -handel v/h P. J. KIPP & ZOONEN, Delft“ umgewandelt, die sich durch Fabrikation von Präzisionsinstrumenten, verschiedenen Arten von Galvanometern, hochempfindlichen Thermosäulen, Mikrophotometern u. a. einen hochgeschätzten Ruf erworben hat.

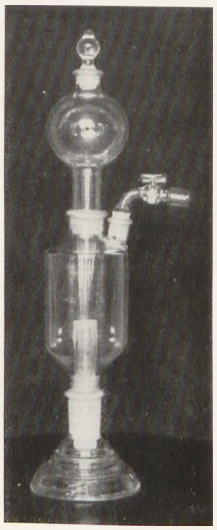


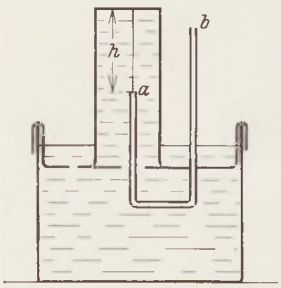
Fig. 2. Originalform des KIPPschen Gasentwicklers.

So ist der Erfinder des KIPPschen Apparates der Stammvater dieser weltbekannten Firma, deren eingetragene Schutzmarke heute noch der KIPPsche Gasentwickler ist!

[1] Geboren 5. August 1851 in Dordrecht, gestorben 22. November 1929 als Aufsichtsrat der N. V. Instrumentenfabriek en -handel P. J. KIPP & ZOONEN in Delft.

Für die Praxis.

Freihandversuch zum Nachweise des Luftdrucks. Von Dr. **Marta Niemöller** in Perleberg. — Auf die Brücke einer pneumatischen Wanne stellt man einen mit Wasser gefüllten Standzylinder, die Öffnung nach unten. Man führt eine U-förmig gebogene Röhre mit ihrem kürzeren Schenkel in den Standzylinder ein, so daß die Öffnung *a* (siehe die Figur) oberhalb des äußeren Wasserspiegels liegt. Nun bläst man in den längeren Schenkel der Röhre hinein, so stark, daß das Wasser aus der Röhre verdrängt wird und die durchgeblasene Luft das Ende *a* der Röhre erreicht. Hört man jetzt zu blasen auf, so strömt die Luft von selbst in den Standzylinder ein, und zwar so lange, bis das Wasser innen und außen fast gleich hoch steht. Man kann den Versuch auch so anstellen, daß man den längeren Schenkel in den Standzylinder einführt. Das Einströmen der Luft erfolgt dann fast unhörbar; im ersten Fall unter lautem Geräusch.



Druckheber.

Auf dem Ende *a* der Röhre lastet der Druck einer *h* cm hohen Wassersäule, auf das andere Ende *b* wirkt der Luftdruck. Sobald nun das Wasser aus der Röhre verdrängt ist und die Stelle *a* mit der äußeren Luft in Berührung steht, herrscht hier ein Überdruck, und die Luft wird vom äußeren Luftdruck durch die Röhre in den Standzylinder hineingetrieben. Der Versuch gelingt am besten, wenn das Ende *a* des U-Rohrs völlig kreisförmig ist mit rund geschmelztem Rand, oder wenn es eingefettet wird. Bei ungleichmäßigem Ausströmen des Luftstroms dringt leicht Wasser in die Röhre ein, wodurch das Einströmen der Luft unterbrochen wird, so daß nur ein Teil des Standzylinders von Wasser geleert wird.

Das umgekehrte Bild auf der Netzhaut. Von **F. Könnemann** in Glogau. — Um die umgekehrte Lage des Bildes auf der eigenen Netzhaut nachzuweisen, soll man den geschlossenen Augapfel auf der Schläfenseite mit einem Finger drücken, worauf eine Lichtempfindung auf der Innen-, also Nasenseite, eintritt. Der Versuch wirkt aber so nicht ganz überzeugend, denn die Voraussetzung, daß der Fingerdruck sich von vorn nach hinten, also parallel der Schläfe, auf die Netzhaut übertrage, ist nicht ohne weiteres wahrscheinlicher als die Annahme einer Druckfortpflanzung durch den Augenmittelpunkt nach innen.

Viel überzeugender wird der Versuch, wenn man die Schläfe mit einer Taschenlampe bestrahlt, wobei die Lichtempfindung auf der Nasenseite, oder die Stirn, wobei die Empfindung unten entsteht. Am schärfsten abgegrenzt wird die Empfindung jedoch, wenn man die Lampe, etwa in Stabform, in den Mund einführt und die Lippen um den Stab herum dicht schließt. Alles Licht fällt dann durch den Nasen-Rachenraum oder durch den Gaumen und die Nasenhöhle von unten auf die Netzhaut, während die Empfindung scharf abgegrenzt dunkelrot ganz hoch oben in der Stirngegend erscheint.

Diapositive mit der Schreibmaschine. Von Prof. Dr. **Georg Hofbauer** in Wien.

Als Vortragender kommt man oft in die Lage, Tabellen und kurze Texte zu projizieren. Solche Diapositive gelingen am schönsten, wenn man den betreffenden Text auf Karton in Tusche vergrößert anfertigt und davon ein verkleinertes Negativ in Diapositivformat photographisch abnimmt. Zur Not kann auch eine Buchstelle, falls der Druck der Rückseite nicht durchschlägt, photographiert und als Diapositiv verwendet werden. Die direkte Beschriftung einer gelatinierten Glasplatte mit schwarzer oder farbiger Tusche erfordert ziemliche Übung und Geduld. Näheres

über die Herstellung von Diapositiven bringt z. B. das Buch von GG. v. HANFFSTENGEL: „Das technische Lichtbild, seine Herstellung und seine Verwertung in Schule, Vortrag und Industrie", VDI-Verlag Berlin NW 7 (1930). Alle diese Verfahren sind teils umständlich, teils nicht sehr wohlfeil. Am einfachsten und billigsten können derartige Diapositivtexte mit der Schreibmaschine behelfsmäßig hergestellt werden. Man spannt klare Cellophanfolie und gutes Kohlepapier mit der Farbschicht gegen die Rückseite der Folie in die Schreibmaschine ein (Papier zum Schutz der Walze unterlegen!) und tippt den gewünschten Text auf die Vorderseite der Folie wie auf gewöhnliches Schreibpapier. Man verwende gutes, nicht abgenutztes Farbband, tippe gleichmäßig stark und achte auf saubere Lettern, da ja jeder Mangel in der vergrößernden Projektion stark auffällt. Bei den Interpunktionen (Punkt, Beistrich, Auslassungszeichen) nicht zu stark tasten, um die Folie nicht zu schädigen! Die Buchstaben kommen durch das Farbband auf der Vorderseite und durch das Kohlepapier auf der Rückseite genügend kräftig auf der Folie heraus. Es können natürlich auch farbige Buchstaben, z. B. mit rotem Farbband und rotem Kopierpapier, hergestellt werden. Auf einer Folie in Normformat $8^1/_2 \times 10$ cm² lassen sich, wenn man 1 cm Rand vorsieht, mit gewöhnlichen Maschinenschriftlettern leicht (einschließlich der Zwischenräume) 31 Buchstaben in einer Zeile und bei einzeiligem Abstand 19 Zeilen auf einem Blatt unterbringen. Die zugeschnittenen Folien werden zwischen passende Gläser gelegt und mit Klebestreifen wie gewöhnliche Diapositive fertiggestellt.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

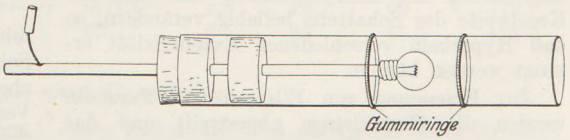
Ein einfacher Apparat zur Darstellung der Kegelschnitte. Von Professor S. FRÖHNER in Mannheim.

Bei Behandlung der Kegelschnitte sucht jeder Lehrer, die Entstehung der Kurven durch Schnitt eines Kegels mit einer Ebene seinen Schülern zu veranschaulichen.

Wo die Rotationskörper zur kinodiaphragmatischen Projektion nach E. PAPPERITZ in der mathematischen Sammlung fehlen, wird sich der Lehrer mit dem Strahlenkegel einer elektrischen Taschenlampe, einer Fahrradlampe oder eines Projektionsapparates behelfen, den er von einer Papierebene schneiden läßt[1]. So schön auf diese einfache Weise Kreis, Ellipse und Parabel sich darstellen lassen, so befriedigt das Verfahren bei der Darstellung der Hyperbel doch nicht völlig, da von der Hyperbel nur ein Ast darstellbar ist.

Ein einfacher und sehr leicht selbst herstellbarer Apparat hilft in diesem Falle über die Unvollkommenheit hinweg und gestattet überdies auch die Darstellung der übrigen Kegelschnitte in einem viel vollkommeneren Maße, als das mit einem einfachen Strahlenkegel möglich ist. Ein weiterer Vorteil des im folgenden beschriebenen Apparates besteht nämlich darin, daß sich der Öffnungswinkel des Kegels, die Kegelweite, beliebig verändern läßt, so daß man mit ihm Ellipsen, Parabeln und Hyperbeln der verschiedensten Krümmungen darstellen kann.

Zum Bau des Apparates benötigt man nur einen überall gleichweiten Lampenzylinder eines



Darstellung von Kegelschnitten mittels eines Lampenzylinders.

Gasglühlichtes, ein Glühlämpchen einer Fahrradlampe, eine einfache Edisonfassung hierzu, ein Messingröhrchen mit der lichten Weite von ungefähr 4 mm, 2 Korken und 2 Gummiringe, wie man sie heute überall benutzt zur Verpackung kleiner Pakete.

Der Lampenzylinder soll möglichst klar und ohne Schlieren sein.

Der eine Kork dient zum Verschließen des Zylinders an dem Ende, das etwa einen Firmenaufdruck trägt. Er ist zentral und senkrecht so zu durchbohren, daß sich das Messingröhrchen mit genügender Reibung in ihm verschieben läßt. Der zweite Kork dient der Geradführung des Messingröhrchens. Er soll sich im Inneren des Zylinders gerade noch verschieben lassen mit wenig Reibung. Er erhält die gleiche Bohrung wie der andere Kork.

[1] Siehe auch H. HAHN: Freihandversuche, 3. Bd.; Licht (O. Salle: Berlin 1912), S. 31. Hier wird empfohlen, Kegelschnittschatten zu erzeugen durch einen niedrigen Leuchter, der einen runden Teller hat und in dem eine Kerze brennt. Man hält den Leuchter in kleinem Abstand vor eine weiße Wand: aufrecht (Schatten ein Hyperbelbogen); schräg, so daß das herabtropfende Stearin eben den Tellerrand trifft (Parabel); noch schräger (Ellipse); waagrecht (Kreis).

Das Messingröhrchen soll etwa 8 cm länger sein als der Zylinder. Am einen Ende des Röhrchens wird eine einfache Edisonfassung zur Aufnahme des Glühlämpchens axial angelötet. Ungefähr 3 cm vom anderen Ende entfernt bohrt man das Röhrchen seitlich an und führt durch das Loch einen gut isolierten Leitungsdraht in das Röhrchen ein bis zum einen Pole der angelöteten Fassung. An das freie Drahtende kommt eine Klemmschraube oder besser eine Buchse für Bananenstecker. Die zweite Stromzuführung bildet das Messingröhrchen selbst. Ist seine lichte Weite 4 mm, so kann auf sein freies Ende direkt ein Bananenstecker aufgesetzt werden.

Als Lämpchen nehme man eine nicht mattierte kugelförmige Fahrradlampe von 4 Volt mit einem Glühfaden möglichst geringer Ausdehnung. Birnen für Taschenlampen eignen sich nicht, da ihre Rückseite meist als Reflektor gearbeitet ist und somit einen Teil der Lichtstrahlen abblendet.

Die beiden Gummiringe werden nun über den Glaszylinder gestreift und in der Mitte des Zylinders in ungefähr 3 bis 4 cm Entfernung voneinander parallel angeordnet. Dann wird das Glühlämpchen mit seinem Messingrohr so weit in den Zylinder durch die beiden Korke eingeschoben, daß sein Glühpunkt gleichen Abstand von den beiden Gummiringen hat.

Als Stromquelle benutzt man eine Taschenlampenbatterie oder einen Sammler.

Die beiden Gummiringe erzeugen nun einen scharf begrenzten Schatten in Form eines Doppelkegelmantels. Hält man den Apparat dicht vor einen weißen oder dicht hinter einen transparenten Schirm, so erhält man als Schattenschnitt eine in ihren beiden Ästen schön ausgezeichnete Hyperbel. Durch Zusammen- oder Auseinanderschieben der beiden Gummiringe und entsprechende Regulierung der Lampenstellung läßt sich die Kegelweite des Schattens beliebig verändern, so daß Hyperbeln verschiedener Exzentrizität erzeugt werden können.

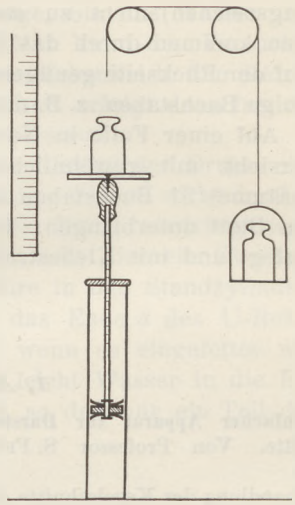
Zur Erzeugung von Ellipsen und Parabeln werden die Gummiringe abgestreift und das Lämpchen gegen das freie Zylinderende geschoben. Zur schärferen Zeichnung der Ellipsen- und Parabelschatten auf dem Papierschirm kann man das freie Zylinderende mit einem schmalen schwarzen Rand versehen, indem man es nur einen Millimeter tief in schwarzen Lack oder in heißes Pizein taucht und trocknen läßt.

Durch Verschieben des Lämpchens läßt sich auch hier die Kegelweite des Schattens beliebig verändern, so daß die mannigfachsten Ellipsen und Parabeln projiziert werden können.

Es kann auch empfohlen werden, bei solchen Versuchen einmal eine elektrische Handlampe, deren Glühbirne meist durch einen Drahtkorb — bestehend aus einigen parallelen Kreisen mit Querverbindungen — geschützt ist, vor einen weißen Schirm zu hängen. Wenn die Birne nicht mattiert ist, entstehen durch die parallelen Drahtkreise des Korbes auf dem Schirm ganze Scharen von Hyperbelschatten.

Das Boyle-Mariottesche Gesetz an der Fahrradpumpe. Von Dr. TH. THEIMANN in Lemgo in Lippe.

Eine Fahrradluftpumpe ist vorzüglich geeignet, das Gesetz $p \cdot v = \text{const.}$ zu demonstrieren, wobei durch Auflegen von Gewichten Überdrucke von mehreren Atmosphären ohne Gefahr und Schwierigkeit angewandt werden können. Ebenso einfach lassen sich Unterdrucke herstellen, so daß das Gerät als eine willkommene Ergänzung bzw. als Ersatz des Schlauchmanometers und anderer mit Quecksilber arbeitender Apparate angesehen werden kann [1]. Darüber hinaus machen sein niedriger Preis sowie die leichte Beschaffbarkeit des erforderlichen Zubehörs eine mehrfache Anfertigung und damit die Verwendung im Übungsunterricht möglich.



Verdichtung oder Verdünnung der Luftmenge einer Fahrradpumpe mit Hilfe von Gewichten.

Man verwendet eine gewöhnliche Handpumpe mit senkrechtem Griff, auf dem man mit einer Schraube ein waagrechtes, quadratisches Brettchen von 12 bis 15 cm Seitenlänge befestigt. Das Ventil verschließe ich mit einem Stück Gummi, das ich durch Umwickeln mit Draht gegen die Öffnung presse. Besonders zweckmäßig ließ sich dieser Verschluß erreichen bei einer der mir zur Verfügung stehenden Luftpumpen, die auf dem Zylinderdeckel den Namen „Mewi" trug. Bei dieser wird der als Dichtung dienende konisch ausgebohrte Kautschukpfropfen durch eine übergreifende Schraube festgehalten; ersetzt man ihn durch eine gleich große Gummischeibe, die mit Hilfe der Schraube gegen die Bohrung gedrückt wird, so gelingt es, die Öffnung vollkommen dicht zu verschließen. Höchst einfach läßt sich auch die eingesperrte Luftmenge durch vorübergehendes Lockerdrehen der Schraube verändern.

Zur Kenntnis der Größe des Atmosphärendruckes ist es notwendig, daß man die lichte Weite des Rohres mißt, was man nach Ab-

[1] Vgl. auch M. FREYER: Die Fahrradluftpumpe als Unterrichtshilfe. Z. phys. chem. Unt. **25**, 30 (1912).

schrauben des Verschlußdeckels und Herausziehen des Kolbens durchführt. Letzteres ist auf alle Fälle erforderlich, weil man die Länge: Kolben + Stiel + Griff + Brett kennen muß. Vor dem Wiedereinführen gibt man, wenn notwendig, einen Tropfen Öl auf die Lederscheibe des Kolbens [1]. Die innere Höhe des Zylinders muß ebenfalls gemessen werden; will man sich ein für allemal die Ablesung vereinfachen, so klebt man an den Kolbenstiel einen schmalen Meßstreifen so, daß darauf die Höhe des eingeschlossenen Luftraumes unmittelbar abzulesen ist. In diesem Fall muß man das Führungsloch im Verschlußdeckel etwas erweitern, damit die Stange sich leicht bewegen läßt.

Zum Versuch selbst befestige ich die Luftpumpe in einer Stativklemme, so daß sie mit dem Fuß auf dem Tisch aufsitzt (s. Figur). So kann man den Kolben bequem mit Gewichten bis zu 10 kg belasten, wenn man nur beachtet, daß bei mehreren Gewichtstücken die Lastverteilung auf dem Brettchen ungefähr gleichmäßig erfolgt. An einem zweiten Stativ befestigt, stellt man einen Maßstab so neben das Gerät, daß der obere Rand des Brettchens die Höhe h des Luftvolumens direkt anzeigt, falls nicht die oben angegebene Meßweise vorgezogen wird. Man wählt als Ausgangsstellung des Kolbens etwa die Zylindermitte, damit auch verminderte Drucke — durch Ziehen über eine oder zwei Rollen (vgl. Figur) — mit einbezogen werden können. Besonders beachtenswert erscheint dabei, daß die Pumpe bei einem Unterdruck von nahezu 0,5 Atm. — wenn auch nur kurze Zeit — dicht hält. Es gelingt sogar, vorübergehend erheblich höhere Verdünnungen zu erhalten, wenn man eine weitere, leicht anzubringende Dichtung des Kolbens verwendet, die seine Beweglichkeit und damit die Genauigkeit nur unerheblich beeinträchtigt. Wie aus der Figur zu entnehmen ist, schraubt man auf das mit Gewinde versehene Ende des Kolbenstiels zunächst so weit als möglich die Mutter auf, setzt dann die Lederscheibe mit dem gekrümmten Rande nach oben daran, schraubt darauf die Metallscheibe fest, läßt weiter — von einer zweiten Luftpumpe — eine Lederscheibe in umgekehrter Lage folgen und hält diese durch eine zweite Mutter fest. Der so hergerichtete Kolben wird geölt und in den Zylinder eingeführt. Auf diese Weise erreicht man auch für Evakuierung eine ausgezeichnete Dichtung, die sich für kürzere Zeit noch bei $^1/_4$ Atm. und weniger bewährte. Will man diese Werte berücksichtigen, so muß allerdings von einem kleineren Anfangsvolumen ausgegangen werden, da die benutzbare Länge des Zylinders etwa 28 cm beträgt.

Ich gebe noch die Zahlenwerte einer Versuchsreihe an, die zeigen, daß die Abweichungen sich in mäßigen Grenzen halten und einige Prozent nicht übersteigen. Aus dem Zylinderdurchmesser 2,12 cm ergibt sich der Querschnitt 3,5 cm² und somit ein Normaldruck von 3,5 kg = 1 Atmosphäre. (Das Gewicht des Kolbens selbst darf bei dieser Größe vernachlässigt werden.)

Atm.	p in kg	h in cm	v in cm³	$p \cdot v$
1	3,5	14	49	172
1,285	4,5	10,9	38	171,5
1,43	5	9,7	34	170
1,57	5,5	9	31,5	173,5
2	7	6,9	24,1	168,7
2,28	8	6,2	21,7	173,6
2,57	9	5,4	18,9	170,1
3	10,5	4,7	16,5	173,1
0,715	2,5	19,7	69	172
0,572	2	25	87,5	175

[1] Wegen einer weitergehenden Dichtung des Kolbens sei auf den Schluß dieser Arbeit verwiesen.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Das Elektronenmikroskop. II. Von Dr. J. BÖHME und Dr. H. STEPS in Jena.

3. Abbildung durch elektrische Felder.

a) Elektrische Elektronenoptik. Die Abbildung durch Elektronenstrahlen kann außer durch magnetische Felder [s. diese Zeitschr. **47**, 126 (1934)] auch durch elektrische Felder erfolgen. Die elektrische Elektronenoptik und ihre Anwendungen wurden gleichzeitig und unabhängig von KNOLL und RUSKA [1] und von BRÜCHE und JOHANNSON [2] entwickelt. Im Gegensatz zu KNOLL und RUSKA, die im Verlauf ihrer Untersuchungen am Kathodenstrahloszillographen die Abbildungsmöglichkeiten für schnelle Elektronen studierten, versuchten BRÜCHE und JOHANNSON der elektrischen Elektronenoptik auf Grund ihrer Arbeiten mit langsamen Elektronen näher zu kommen.

Wie bereits in unserem Bericht I erwähnt wurde, liegen ältere Arbeiten vor, in denen eine Verkleinerung des Querschnittes von Elektronenstrahlbündeln durch elektrische Felder versucht wurde. Alle diese Anordnungen zur Sammlung von Elektronenstrahlen beruhen letzten Endes auf der Beeinflussung der Elektronen längs ihrer Bahn durch radiale Felder oder durch elektrische Felder, die zur Anode hin konvergieren. Während für die Sammlung eines Elektronenstrahles zu einem kleinen Querschnitt nur Felder erforderlich sind, die die achsennahen Strahlen weniger ablenken als die achsenfernen, so ist dagegen bei einer elektronenoptischen Abbildung außerdem noch zu fordern, daß die Ablenkung der einzelnen Strahlen der Entfernung von der Bündelachse proportional ist.

Elektrische Elektronenlinsen, die diese geforderten Eigenschaften besitzen, lassen sich in

[1] M. KNOLL u. E. RUSKA: Ann. Physik (5), **12**, 607, 641 (1932).

[2] E. BRÜCHE: Naturwiss. **20**, 49 (1032). — E. BRÜCHE u. H. JOHANNSON: Naturwiss. **20**, 353 (1932).

verschiedener Weise verwirklichen. Wie KNOLL und RUSKA zeigten, können sie dadurch hergestellt werden, daß die Glasoberflächen von Linsen durch Doppelflächenelektroden, z. B. durch zwei feinmaschige Drahtnetze, ersetzt werden.

Eine so gebaute Sammellinse und Zerstreuungslinse sind in Fig. 1 *a* und *b* abgebildet. Die kleinen Pfeile deuten den Verlauf der Kraftlinien

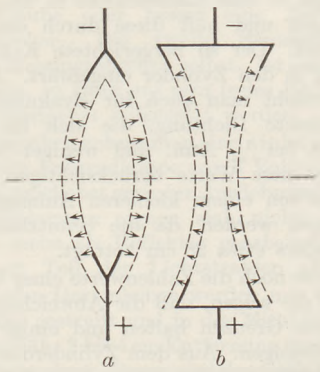


Fig. 1. Elektrische Elektronenlinse. *a* Sammellinse, *b* Zerstreuungslinse.

zwischen den beiden Drahtnetzen an. Es sei hierbei erwähnt, daß man die Doppelflächenelektroden auch in Form eines Prismas, eines Planspiegels oder eines Hohlspiegels anordnen und damit elektronenoptisch analoge Wirkungen wie in der Lichtoptik erzielen kann. Eine übersichtliche Zusammenstellung von solchen Abbildungselementen der elektrischen Elektronenoptik

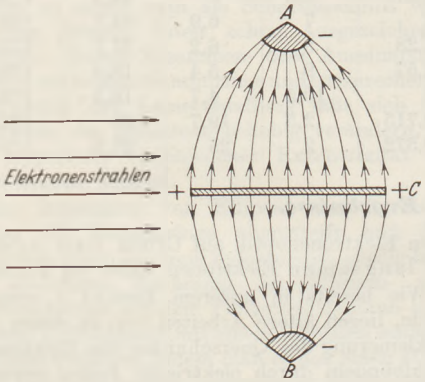


Fig. 2. Schematische Darstellung einer elektrischen Linse nach BRÜCHE und JOHANNSON. *A* und *B* sind die beiden äußeren Elektroden des „Zylinderkondensators".

findet man in der angeführten Arbeit von KNOLL und RUSKA auf S. 651.

Die Brennweiten f der Linsen ergeben sich aus den von der Lichtoptik her bekannten Beziehungen zwischen Brechungsquotient n und Krümmungsradius r. Als Brechungsquotient n ist hierbei definiert: $n = \sqrt{1 + \frac{U_a}{U_b}}$, wobei U_0 die Spannung zwischen den Doppelflächenelektroden („Linsenspannung"), U_b die Beschleunigungsspannung des Elektronenstrahles bedeuten. Unter der Voraussetzung, daß $f \gg r$ ist, wird für eine Bikonvex- bzw. Bikonkavlinse $f \approx \pm \frac{U_b}{U_a}$.

Benutzt man eine der Fig. 1 *a* entsprechende Sammellinse — bei welcher die Elektronen hauptsächlich in der Richtung der elektrischen Kraftlinien fliegen —, so treten allerdings durch Absorption und Feldverzerrungen an den Drähten starke Abbildungsfehler auf. Dieser Übelstand wird bei einer von BRÜCHE und JOHANNSON vorgeschlagenen Linsenform durch Verwendung einer Art Zylinderkondensator beseitigt (Fig. 2).

Die Elektronen bewegen sich hierbei senkrecht zu den Kraftlinien; jedoch wird der mittlere Strahlenbereich durch die in der Mitte des Kondensators befindliche Elektrode C ausgeblendet und kommt für die Abbildung nicht in Betracht.

Eine Verbesserung gegenüber den beiden vorher besprochenen Linsenformen stellt eine Lochelektrodenanordnung dar, die gleichzeitig und

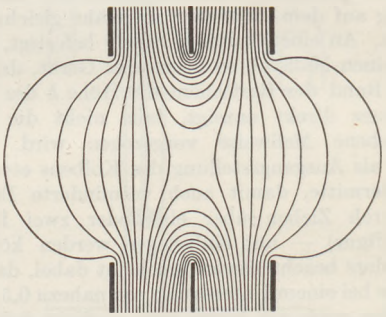


Fig. 3. Potentialfeld einer Elektronenlinse nach dem Lochblendenprinzip.

unabhängig von E. BRÜCHE und JOHANNSON und von KNOLL und RUSKA gefunden wurde.

Aus Fig. 3 ersieht man den Querschnitt durch das Potentialfeld einer Elektronenlinse zwischen drei Lochelektroden von gleichem Lochdurchmesser, wobei die beiden äußeren Elektroden auf gleichem Potential gehalten werden. Die Äquipotentialflächen dieses elektrostatischen Systems nehmen kugelförmige Gestalt an. Die Abbildung erfolgt also durch ein im Vergleich zur Elektronenstrahllänge kurzes, inhomogenes elektrostatisches Feld und bildet das Gegenstück zur „kurzen" magnetischen Linse (s. Bericht I).

Die Berechnung der Brennweite eines solchen Linsensystems haben H. JOHANNSON und O. SCHERZER[1] vorgenommen. Sie beschränken sich auf solche Linsen, bei denen wie in Fig. 3 die beiden Außenelektroden auf gleichem Potential gehalten werden. Es ergab sich, daß die Berechnungen von H. BUSCH für magnetische Linsen (Bericht I) sinngemäß auf elektrische Linsen übertragbar sind. Man erhält für die Brennweite

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{8\sqrt{U_b}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{(U_b + U)^3}} \left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2 dz.$$

[1] H. JOHANNSON u. O. SCHERZER: Z. f. Physik 80, 183 (1933).

Hierbei bedeuten U_b wiederum die Beschleunigungsspannung der Elektronen und U das Potential auf der z-Achse. Außer U_b muß $\frac{\partial U}{\partial z}$ bekannt sein, wenn man die Brennweite f bestimmen will. Jedoch bietet die rechnerische Bestimmung von $\frac{\partial U}{\partial z}$ einige Schwierigkeiten, so daß es zweckmäßiger ist, das Potentialfeld an einem

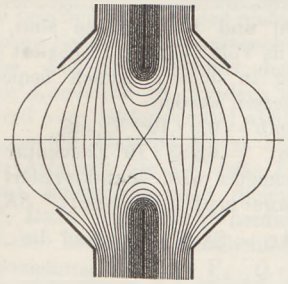


Fig. 4. Potentialfeld einer verbesserten Elektronenlinse nach H. JOHANNSON und O. SCHERZER.

vergrößerten Modell auszumessen. Ohne auf spezielle Werte von U_b, U und $\frac{\partial U}{\partial z}$ einzugehen, gestattet die Formel für $\frac{1}{f}$ eine sehr wichtige Aussage über das Vorzeichen von f. Da die in der Formel vorkommenden Wurzeln die Bedeutung einer Geschwindigkeit haben, so sind sie stets mit positivem Vorzeichen zu nehmen. Die Brennweite kann somit nur positiv werden, d. h. derartige elektrostatische Felder wirken stets nur wie Sammellinsen; Zerstreuungslinsen sind auf diese Weise nicht herzustellen.

Die Erfahrung zeigte nun, daß elektrische Linsen von der in Fig. 3 ersichtlichen Form auch noch sehr große Bildfehler aufwiesen. JOHANNSON und SCHERZER gaben den Lochelektroden eine etwas andere Form (siehe Fig. 4) und erreichten dadurch eine verbesserte Abbildung.

Eine Erweiterung der Rechnungen von JOHANNSON und SCHERZER führte O. SCHERZER[1] aus, indem er die Brennweite einer kurzen elektrischen Linse in zweiter Näherung angeben konnte. Außerdem gelang es ihm, eine Methode zur Berechnung der Linsenfehler zu entwickeln.

b) Elektrisches Elektronenmikroskop. Es läßt sich nun leicht einsehen, daß eine elektronenmikroskopische Abbildung durch Verwendung der eben besprochenen Linsen möglich wäre. Einfacher ist eine Anordnung von BRÜCHE und JOHANNSON, die statt zwei solcher Linsensysteme eine mikroskopische Einrichtung aus einem einzigen System bestehend bauten. Dieses System setzt sich zusammen aus nur zwei auf verschiedenem Potential gehaltenen Lochblenden mit verschieden großer Öffnung.

Einzelheiten über Potentialfeld und Strahlenverlauf ergeben sich aus Fig. 5. Zwischen der Glühkathode G und der ersten Lochblende (Linse) L_1 liegt die Potentialdifferenz 10 Volt, zwischen G und der zweiten Linse L_2 eine Potentialdifferenz

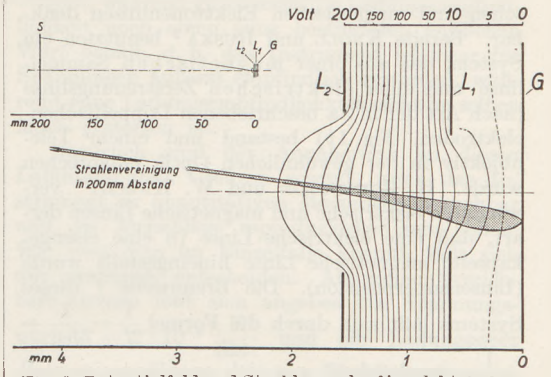


Fig. 5. Potentialfeld und Strahlenverlauf im elektrischen Elektronenmikroskop nach BRÜCHE und JOHANNSON.

von 200 Volt. L_1 und L_2 haben etwa den Abstand 1 mm.

In Fig. 6 ist die sehr einfache Anordnung eines solchen elektrischen Elektronenmikroskops, das sich auf einer optischen Bank aus Glas befindet, wiedergegeben. Die einzelnen Reiter konnten durch Magnete bewegt werden, die sich außerhalb der durch eine Glasglocke abgeschlossenen Apparatur befanden. S stellt den Auffangsschirm dar.

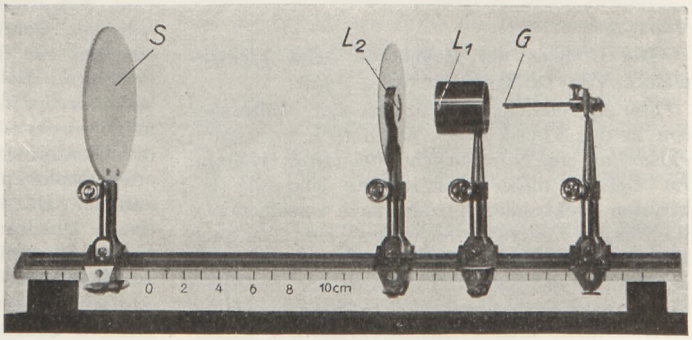


Fig. 6. Elektrisches Elektronenmikroskop nach BRÜCHE und JOHANNSON (Vakuumglocke entfernt).

Die Vergrößerungen, die sich mit diesem Elektronenmikroskop bei Elektronen mit der Beschleunigungsspannung $U_b = 200$ bis 800 Volt erreichen ließen, waren mehr als hundertfach.

In einer recht ausführlichen Arbeit untersuchte dann H. JOHANNSON[1] genauer die Wirkungsweise des eben erwähnten Elektronenmikroskops bei Veränderung rein geometrischer und auch elektrischer Größen. Er erreichte eine erhebliche Verbesserung der Abbildung, indem er die der Kathode nächst gelegene Elektrode mit einer trichterförmigen Ausbuchtung versah. Mit diesem verbesserten

[1] O. SCHERZER: Z. f. Physik 80, 193 (1933).

[1] H. JOHANNSON: Ann. Physik (5) 18, 385 (1933).

Mikroskop machten BRÜCHE und JOHANNSON[1] kristallographische Untersuchungen bei der Glühemission von Metallen.

4. Kombination von elektrischen und magnetischen Elektronenlinsen.

Schließlich ist eine Kombination von elektrischen und magnetischen Elektronenlinsen denkbar. Bereits KNOLL und RUSKA[2] benutzten ein System, das aus einer magnetischen Sammellinse und einer elektrischen Zerstreuungslinse (nach Art der in 3a beschriebenen Doppelflächenelektroden, Fig. 1*b*) bestand und einem Teleobjektiv in der gewöhnlichen Optik entsprechen würde. H. JOHANNSON und W. KNECHT[3] verwendeten elektrische und magnetische Linsen derart, daß eine elektrische Linse in eine eisengekapselte magnetische Linse hineingestellt wurde (Linsensuperposition). Die Brennweite f dieses Systems läßt sich durch die Formel $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_{\text{el.}}} + \frac{1}{f_{\text{magn.}}}$ ausdrücken, was sich auch experimentell bestätigen ließ.

Die vorstehenden Ausführungen lassen wohl erkennen, daß die Entwicklung der magnetischen und elektrischen Elektronenoptik sowie die Anwendung des Elektronenmikroskops noch nicht abgeschlossen und noch viele interessante Ergebnisse zu erwarten sind.

Anmerkung bei der Korrektur: Vor kurzer Zeit erschien eine Arbeit von E. RUSKA[4], in der er über Fortschritte im Bau und in der Leistung von Elektronenmikroskopen berichtet.

Die Grenzen der Meßbarkeit beim Elektrometer.

Von Dr. HANS FUNK in Jena.

Die Anwendung elektrometrischer Meßmethoden in der Physik hat, vornehmlich im letzten Jahrzehnt, eine beträchtliche Steigerung erfahren. Im Gefolge dieser Entwicklung sind die bekannten Elektrometerformen nach verschiedenen Richtungen hin weiter entwickelt, zum Teil auch Instrumente nach neuen Prinzipien konstruiert worden, so daß sich die Grenzen der meßbaren Spannungen sowohl nach kleinen wie nach großen Werten nicht unbeträchtlich verschoben haben. Diese Entwicklung soll im folgenden kurz angedeutet werden. Es kann sich dabei nicht darum handeln, eine vollständige Aufzählung aller vorliegenden Konstruktionen zu geben, ebensowenig wie die herausgegriffenen Beispiele eine Wertung gegenüber anderen enthalten sollen.

Man kann die vorhandenen Elektrometertypen einteilen in solche, die eine solide Aufstellung verlangen (z. B. Quadrantelektrometer) und andere, die leicht tragbar, unter Umständen bei Messungen im Ballon verwendbar sind (z. B. Fadenelektrometer); man kann sie auch in Gruppen einteilen je nach dem Spannungsbereich, in dem sie brauchbar sind, als Hochspannungselektrometer und solche für mittlere und niedere Spannungen. Wir benutzen an dieser Stelle eine andere, mehr schematische, aufzählende Darstellung.

Die gebräuchlichen und im folgenden benutzten Definitionen und Dimensionen sind, wenn die Spannung in Volt (V), die Kapazität in cm und die Ladung in dem praktisch bequemen Maß V · cm gemessen werden:

1 Coulomb $= 0{,}9 \cdot 10^{12}$ V · cm,

1 V · cm $= 6{,}983 \cdot 10^{6}$ Elementarquanten;

das Elektrometer wird charakterisiert durch die „Spannungsempfindlichkeit“ *SE*, gemessen in $\frac{\text{Skt.}}{\text{V}}$ (Skt. = Skalenteile) und die „Ladungsempfindlichkeit“ *LE*, gemessen in $\frac{\text{Skt.}}{\text{V} \cdot \text{cm}}$. Die Kehrwerte dieser Größen sind der „Spannungswert“ $S\ \left(\frac{\text{V}}{\text{Skt.}}\right)$ und der „Ladungswert“ $L\ \left(\frac{\text{V} \cdot \text{cm}}{\text{Skt.}}\right)$. 1 Skt. = 1 mm bei 1 m Skalenabstand (bei Spiegelablesung) bzw. 1 Skt. = 1 Okularmikrometerteil (bei Mikroskopablesung).

I. Quadrantelektrometer.

1. An erster Stelle ist wohl zu nennen das Elektrometer nach THOMSON, das in seiner Form als bekannt vorausgesetzt werden darf. Eine biskuitförmige Nadel hängt an einem versilberten Quarzfaden und schwingt im Innern einer in vier Teile geschlitzten Schachtel. Die bekannten drei Schaltungsmöglichkeiten, die bei vielen der im folgenden zu besprechenden Elektrometer wiederkehren, seien auch nur kurz gestreift: die Quadrantschaltung (ein Quadrantenpaar geerdet, Nadel auf Hilfsspannung, Meßspannung am anderen Quadrantenpaar), die Nadelschaltung (beide Quadrantenpaare an einer gleich großen, entgegengesetzten Hilfsspannung, Meßspannung an Nadel) und die Doppelschaltung (Nadel und ein Quadrantenpaar geerdet, Meßspannung am anderen Quadrantenpaar). Bei den beiden ersten Schaltungen ist der Ausschlag proportional der Meßspannung, also nur Gleichstrommessung möglich, bei der dritten Schaltung ist der Ausschlag proportional dem Quadrat der Spannung, also die Möglichkeit gegeben, sowohl Gleich- wie Wechselspannung zu messen. Allerdings ist die Empfindlichkeit für kleine Spannungen wegen der quadratischen Abhängigkeit gering. Die Ablesung erfolgt in allen Fällen mit Spiegel, Skala und Fernrohr.

Die Quadrantschaltung ist wohl die gebräuchlichste, der Meßbereich erstreckt sich größenordnungsmäßig von 10^{2} Volt bis 10^{-3} Volt; durch geeignete Kunstgriffe bezüglich Form und Gewicht der Nadel lassen sich größere Empfindlichkeiten erreichen.

Durch mehrfache Nadeln in entsprechend viel übereinander angeordneten Kapseln erreicht man

[1] E. BRÜCHE u. H. JOHANNSON: Z. techn. Physik **14**, 487 (1933).

[2] M. KNOLL u. E. RUSKA: Ann. Physik (5), **12**, 607 (1932).

[3] H. JOHANNSON u. W. KNECHT: Z. Physik **86**, 367 (1933).

[4] E. RUSKA: Z. Physik **87**, 580 (1934).

größere Empfindlichkeit, so daß man das Elektrometer als Zeigerinstrument ausbilden kann (Multizellularvoltmeter nach W. THOMSON).

Die Bedeutung der Nadelschaltung liegt weniger in der auch sehr empfindlichen Spannungsmessung, als in der Eignung zur Messung kleinster Elektrizitätsmengen infolge der kleinen Kapazität und der leichten Isolierbarkeit der Nadel.

Es sei an dieser Stelle schon darauf hingewiesen, daß bei der Messung kleiner Elektrizitätsmengen eine prinzipielle, zu Zeiten nicht genügend hervorgehobene Schwierigkeit auftaucht, nämlich die Tatsache, daß die Kapazität des Elektrometers keine Konstante ist, sondern stark vom Ausschlag und vom Hilfspotential abhängt. Auf diese Tatsache hat HARMS[1] zuerst hingewiesen, von neueren Arbeiten, die auf diese Zusammenhänge erneut hinweisen, seien diejenigen von HOFFMANN[2], DEES[3] und WOLF[4] herausgegriffen. Wenn man die Ladungsempfindlichkeit einfach aus der Beziehung $Q = C \cdot V$, Q = Ladung, C = Kapazität, V = Spannung, bestimmen wollte, indem man nach einer der üblichen Methoden die Kapazität sowie die Spannungsempfindlichkeit mißt, so würde man falsche Ergebnisse erhalten. Je nach den Umständen kann sich die „wirksame" Kapazität unter Umständen um mehrere Zehnerpotenzen ändern. Vielmehr ist es unerläßlich, direkt die Ladungsempfindlichkeit zu messen, und zwar in dem gleichen mechanischen und elektrischen Zustand des Elektrometers, in dem es nachher bei der Messung benutzt wird. Die gleichen Überlegungen gelten auch für die Binant- und Fadenelektrometer (vgl. WULF[5]); über einen besonderen Spezialfall wird sogleich beim sog. COMPTON-Elektrometer zu sprechen sein.

2. Im Quadrantelektrometer nach COMPTON[6] erteilt man der Nadel eine kleine Kippung um ihre Längsachse, und außerdem kann ein Quadrant gegenüber den anderen um einen kleinen Betrag gehoben oder gesenkt werden. Das Elektrometer wird meist in Nadelschaltung verwendet und gestattet die Erreichung hoher Spannungsempfindlichkeiten.

Theoretische Überlegungen führen zu interessanten Spezialfällen für die Größe der Empfindlichkeit (die Gedankengänge können natürlich sinngemäß auf andere Elektrometer übertragen werden). Denkt man sich den Spannungswert S und den Ladungswert L als Funktion der Spannung aufgetragen, so kann sowohl der Fall eintreten, daß der Spannungswert bei einer endlichen Spannung durch Null geht, und also die Spannungsempfindlichkeit unendlich groß wird, als auch der Fall, daß der Ladungswert bei einer endlichen Spannung zu Null wird und demzufolge die Ladungsempfindlichkeit gegen ∞ geht. Man erhält also eigentümliche Labilitätsverhältnisse. Interessiert man sich für den Fall, daß die Ladungsempfindlichkeit sehr groß wird (also bei Messung kleinster Elektrizitätsmengen), so kann der Fall eintreten, daß unter bestimmten äußeren Bedingungen die Spannungsempfindlichkeit gegen ∞ geht, während gleichzeitig die Ladungsempfindlichkeit noch einen ganz bestimmten endlichen Wert behält, d. h. das Instrument ist zwar für Spannungen äußerst empfindlich geworden, während seine Ladungsempfindlichkeit nicht im selben Maße gestiegen ist.

Natürlich sind der Annäherung an diesen Labilitätspunkt Grenzen gesetzt, wenn das Instrument zu quantitativen Messungen brauchbar und die Ausschläge reproduzierbar sein sollen. Wie weit man im Einzelfalle kommt, läßt sich nur praktisch entscheiden. Als sicher erreichbare Grenze läßt sich angeben ein Spannungswert $S = 2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V}}{\text{Skt.}}$ und ein Ladungswert $L = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V} \cdot \text{cm}}{\text{Skt.}} = 34900 \frac{\text{Elementarquanten}}{\text{Skt.}}$.

3. Als weitere neuere Form des Quadrantelektrometers sei das LINDEMANN-Elektrometer erwähnt[1]. Hier hängt die Nadel nicht an einem senkrechten Faden, sondern ist in der Mitte eines horizontal ausgespannten, vergoldeten Quarzfadens befestigt und schwingt in einer senkrechten Ebene. An einem Ende trägt die Nadel einen kleinen Zeiger, dessen Bewegungen mit einem horizontal stehenden Mikroskop beobachtet werden. Durch Wegfall des Spiegels sind Trägheitsmoment und Direktionskraft so klein zu halten, daß die Ausschläge durch die Luftreibung schon aperiodisch gedämpft werden. Für Sonderzwecke, z. B. lichtelektrische Beobachtungen mit astronomischen Fernrohren, kann die Nadel ausbalanziert werden, so daß entstehende Neigungen des Instruments nur eine geringe Nullpunktsänderung und keine Empfindlichkeitsänderung hervorrufen.

Die Benutzung geschieht gewöhnlich in Nadelschaltung, da die Quadrantschaltung wesentlich geringere Empfindlichkeiten ergibt. Man erhält Meßbereiche von etwa $^1/_{3000}$ V bis 1 V.

4. Das gewöhnliche Quadrantelektrometer in der Form nach DOLEZALEK hat demgegenüber einen Spannungswert $S = 3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V}}{\text{Skt.}}$ und einen Ladungswert $L = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V} \cdot \text{cm}}{\text{Skt.}}$. Die obere Grenze des Meßbereichs ist etwa 500 V.

II. Binantelektrometer.

Den Quadrantelektrometern haften einige Mängel an, die prinzipieller Natur sind; einer davon ist der, daß bei allen Messungen nicht die einseitigen Ausschläge, sondern nur das Mittel der Ausschläge nach rechts und links (die durch Vertauschen der Spannung entstehen), der Span-

[1] F. HARMS: Physik. Zeitschr. **5**, 47 (1904).
[2] G. HOFFMANN: Ann. Physik **52**, 665 (1917).
[3] L. DEES: Physik. Zeitschr. **33**, 131 (1932).
[4] F. WOLF: Ann. Physik **18**, 373 (1933).
[5] TH. WULF: Die Fadenelektrometer. Berlin: Ferd. Dümmler 1933.
[6] A. H. COMPTON u. K. T. COMPTON: Physical Rev. **13**, 288; **14**, 85 (1919).

[1] F. A. u. A. F. LINDEMANN u. T. C. KEELEY: Philos. Magazine **47**, 577 (1924).

nung proportional sind. Diese Messungen mit kommutierter Spannung sind sehr zeitraubend, können auch gerade wegen der langen Meßdauer Fehler mit sich bringen. Von diesem und anderen Mängeln sind die Binant- (auch Duant-) Elektrometer frei. Dies wird dadurch erreicht, daß die Nadel in zwei Teile zerlegt wird und die eine Hälfte eine positive, die andere eine gleich große negative Ladung erhält. Wie die Rechnung ergibt, heben sich dann Unsymmetrien weitgehend heraus, so daß auch die einseitigen Ausschläge in einem großen Intervall direkt den Spannungen proportional sind. Die vier Quadrantenschachteln reduzieren sich dementsprechend auf zwei Duantenschachteln.

1. Beim Binantelektrometer nach DOLEZALEK[1] sind Nadel und Duantendosen Teile konzentrischer Kugelschalen, deren Mittelpunkt im Aufhängepunkt des Systems liegt; hierdurch wird ein Labilwerden des Systems bei hohen Spannungen vermieden. Die Nadel besteht aus zwei Hälften, die durch Bernstein voneinander isoliert sind; die eine Hälfte erhält ihre Ladung von oben durch den Aufhängefaden, die andere von unten durch einen dünnen Stromzuführungsdraht. Die Schaltungsmöglichkeiten sind durch die Unterteilung der Nadel vermehrt; vor allem eignet sich das Instrument vorzüglich zu Leistungsmessungen für Wechsel- und Gleichstrom. Man legt die zu untersuchende Spannung an die beiden Nadelhälften, die Binanten an einen vom Strom durchflossenen Widerstand. Der entstehende Ausschlag ist proportional dem Produkt von Strom und Spannung, wobei die gute Proportionalität der Ausschläge der Form der Eichkurve sehr zustatten kommt. Die Einstellungen sind bis zu Frequenzen von 3000 Hertz und höher unabhängig von Kurvenform und Frequenz. Der Meßbereich läßt sich durch Variation der Hilfsspannungen bis auf 5 bis 6 Zehnerpotenzen ausdehnen.

Die besten Werte für S und L sind

$$S = 1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V}}{\text{Skt.}}, \quad L = 0{,}15 \frac{\text{V} \cdot \text{cm}}{\text{Skt.}}.$$

2. Einen beträchtlichen Schritt weiter in das Gebiet hoher Ladungsempfindlichkeit führt das Elektrometer nach HOFFMANN-PFORTE[2]. Bei diesem Instrument sind die Dimensionen von System und Duanten gegen andere Konstruktionen vergrößert. Man erreicht damit Werte für

$$S = 1{,}5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V}}{\text{Skt.}}, \quad L = 4{,}5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V} \cdot \text{cm}}{\text{Skt.}}.$$

3. Noch höhere Ladungsempfindlichkeiten ergibt schließlich das Vakuum-Duantelektrometer nach HOFFMANN[3]. Hier besteht das System aus einem kleinen, aus dünnstem Platin hergestellten Flügelchen mit einem dicht darüber befindlichen Spiegel; das ganze System wiegt etwa 12 mg. Das Elektrometergehäuse kann evakuiert werden, wodurch Restionisation in der das System umgebenden Luft und Kriechströme über den Isolator fast vollkommen beseitigt werden. Mit diesem Instrument erreicht man

$$S = 5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{V}}{\text{Skt.}},$$

$$L = 1{,}35 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V} \cdot \text{cm}}{\text{Skt.}}$$

$$= 9{,}45 \cdot 10^{2} \approx 1000 \frac{\text{Elementarteilchen}}{\text{Skt.}}.$$

Da das Elektrometer infolge des Evakuierens sehr konstant ist, läßt sich also bei genügend langer Beobachtungszeit noch ein Strom von 1 Elektron pro sec feststellen!

III. Fadenelektrometer.

Die Fadenelektrometer besitzen vor Quadrant- und Binantelektrometern den Vorteil, daß sie keine große Genauigkeit der Aufstellung verlangen Auch erfolgt die Einstellung des Fadens, wenigstens bei mäßigen Empfindlichkeiten, fast augenblicklich. Dem steht als Nachteil eine wesentlich geringere Spannungsempfindlichkeit gegenüber. Als zusammenfassende Darstellung sei WULFs Buch „Die Fadenelektrometer" empfohlen.

1. Das Fadenelektrometer nach WULF mit elastischer Fadenbefestigung besitzt einen Wollastonfaden von etwa 2 μ Dicke, der an seinem unteren Ende an einem kreisförmigen Quarzbügel befestigt ist. Durch Höhenverstellung des Bügels kann die Fadenspannung und damit die Empfindlichkeit in weiten Grenzen reguliert werden. Die Fadenbewegung wird mit einem Mikroskop beobachtet. Senkrecht zur Mikroskopachse befinden sich in der Fadenebene zwei einzeln verstellbare, aufladbare Schneiden. Dadurch wird nicht nur erreicht, daß sich der Faden immer in der durch die Schneiden gegebenen Ebene bewegt, sondern es kann durch Veränderung des Abstandes der Schneiden unter sich und gegenüber dem Faden auch die Empfindlichkeit beeinflußt werden.

Die bestenfalls erreichbaren Empfindlichkeitswerte sind

$$S = 1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{Skt.}}, \quad L = 4{,}5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{V} \cdot \text{cm}}{\text{Skt.}}.$$

Größte meßbare Spannung etwa 2000 V.

2. Das Zweifadenelektrometer nach WULF. Zwei Wollastonfäden sind dicht nebeneinander durch einen federnden Quarzbügel gespannt. Durch Richtschneiden werden die Fäden auch hier in der Bildebene eines Mikroskops gehalten, mit dem die Spreizung der Fäden bei Aufladung beobachtet wird. Um den Meßbereich zu erhöhen, kann man einen das System umgebenden Hilfskonduktor einführen, der gegenüber dem Gehäuse aufgeladen wird. Der Meßbereich ist dann um den Betrag dieser Vorspannung erweitert.

3. Das Schlingenelektrometer nach KOLHÖRSTER[1] ist eine neuere Konstruktion, hervorgegangen aus dem Wunsche, ein Elektrometer zu besitzen, das auch ohne Kompensationsvorrichtungen frei ist von Temperatureinflüssen

[1] F. DOLEZALEK: Ann. Physik **26**, 312 (1908).

[2] G. HOFFMANN u. W. S. PFORTE: Physik. Zeitschr. **32**, 81 (1931).

[3] G. HOFFMANN: Physik. Zeitschr. **13**, 480, 1029 (1912); und weitere Arbeiten, zuletzt Zeitschr. Physik **25**, 177 (1924).

[1] W. KOLHÖRSTER: Zeitschr. Instrumentenkunde **44**, 494 (1924).

(da für Höhenstrahlungsmessungen schwierigste Verhältnisse vorausgesetzt werden müssen). Das System besteht aus einer platinierten Quarzschlinge, etwa von der Form eines liegenden U. Der vordere Teil bewegt sich zwischen zwei verstellbaren Schneiden, die aufgeladen werden können. Als rücktreibende Kraft wirkt allein die Biegungselastizität der Schlinge. Die Schlingenbewegung wird mit dem Mikroskop beobachtet. Statt der einen Schlinge kann man wie bei Fadenelektrometern auch zwei nahe beieinander befindliche Schlingen benutzen. Die Empfindlichkeitswerte sind

$$S = 0{,}05\ \frac{\text{V}}{\text{Skt.}}, \qquad L = 0{,}11\ \frac{\text{V}\cdot\text{cm}}{\text{Skt.}}.$$

Größter Meßbereich 250 V.

4. Als spezielle Ausführungsform sei noch das Registrierelektrometer beschrieben, welches von REGENER[1] für seine Messungen der durchdringenden Höhenstrahlung im Bodensee und in der Stratosphäre benutzt worden ist. Es ist ein Einfadenelektrometer von folgender Konstruktion. Ein 8 cm langer, 2 bis 3 μ starker Wollastonfaden ist oben starr, unten an einer leicht gebogenen Quarzschleife befestigt. Durch Verschieben der Schleife kann die Fadenspannung und somit die Empfindlichkeit passend eingestellt werden. Eine Gegenelektrode sorgt für Bewegung des Fadens in einer Ebene. Für die photographische Registrierung (der Faden wird durch ein Objektiv auf eine Platte abgebildet, und zwar nach Art einer Dunkelfeldbeleuchtung) wird aus äußeren Gründen nur der Bereich zwischen 300 und 600 V benutzt, obgleich das Elektrometer an sich auch für kleinere Spannungen brauchbar ist. Die erzielbare Ablesegenauigkeit auf der Platte ist 0,02 V. Besonderer Wert wurde auf gute Isolation gelegt. Um einen ungefähren Begriff der von REGENER erzielten Empfindlichkeit zu geben, seien ein paar Zahlen genannt. Gut meßbar war noch ein Voltabfall des Elektrometers von 0,5 $\frac{\text{Volt}}{\text{Stunde}}$, dem entsprach ein Ladungstransport von 17000 Elementarladungen pro sec. Die Registrierungen mit einmalig aufgeladenem Elektrometer dauerten bis zu 8 Tagen.

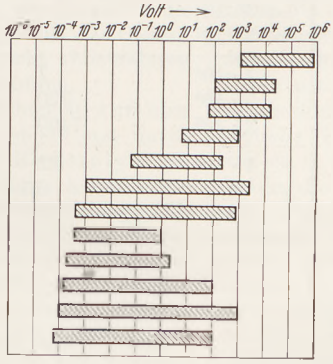
IV. Hochspannungselektrometer.

1. Das BRAUNsche Elektrometer. Die wohlbekannte Form des Instrumentes liefert einen Meßbereich von etwa 300 bis 5000 V. Der Nachteil der Lagerreibung ist in einer neueren Ausführungsform nach SPRENGER dadurch umgangen, daß der Zeiger nicht in Spitzen gelagert, sondern an einem horizontal gespannten Torsionsdraht befestigt ist. Der Meßbereich reicht dann von 100 bis 1500 V, kann jedoch durch eine eingebaute Influenzplatte bis auf 20000 V ausgedehnt werden.

2. Das Hochspannungselektrometer nach WULF[1] ist nach ähnlichem Prinzip wie das Einfadenelektrometer aufgebaut. Ein straff gespannter Faden befindet sich in der Bildebene eines Mikroskops, seitlich vom Faden ist ein gut abgerundeter Influenzkörper angebracht. Es sind nun zwei Schaltungen möglich:

a) Systemschaltung: Influenzkörper mit Gehäuse verbunden, Meßspannung am Faden. Meßbereich etwa 50 bis 600 V.

b) Influenzschaltung: System mit Gehäuse verbunden, Meßspannung am Influenzkörper, Meßbereich bis 15000 V. Durch Änderung des Abstandes des Influenzkörpers vom Faden kann der Meßbereich in weiten Grenzen reguliert werden.



STARKE-SCHROEDER.
BRAUN.
WULF.
WULF, Zweifaden-Elektrometer.
KOLHÖRSTER, Schlingen-Elektrometer.
WULF, Einfaden-Elektrometer.
DOLEZALEK, Quadrant-Elektrometer.
LINDEMANN, Quadrant-Elektrometer.
COMPTON, Quadrant-Elektrometer.
HOFFMANN-PFORTE, Duant-Elektrometer.
DOLEZALEK, Duant-Elektrometer.
HOFFMANN, Vakuum-Duant-Elektrometer.

Graphische Darstellung der Meßbereiche von Elektrometern.

3. Hochspannungselektrometer nach STARKE-SCHROEDER[2]. Für die Konstruktion dieses Elektrometers sind bisher noch nicht benutzte Grundgedanken maßgebend gewesen. Die zu messende Spannung liegt an zwei großen, kreisförmigen, senkrecht stehenden Platten. Im Raume um die Verbindungslinie der Kreismittelpunkte dieser Kondensatorplatten herrscht ein homogenes elektrisches Feld. Die eine Platte hat in der Mitte eine kleine Öffnung, in der sich ein Meßflügelchen um eine senkrechte Achse drehen kann. Das Flügelchen ist exzentrisch gelagert; als Achse dient, um jede Lagerreibung zu vermeiden, ein gespannter leitender Draht. Durch gute Luftdämpfung ist die Einstellung fast aperiodisch und dauert ungefähr 1 sec. Die Drehung des Flügelchens wird objektiv abgelesen durch Projektion eines Lichtzeigers auf eine durchsichtige, hinter der Meßplatte befindliche Skale.

Durch Verschieben der zweiten Kondensatorplatte können die Meßbereiche in weiten Grenzen variiert werden. Beträgt z. B. bei einem Instrument der kleinste Meßbereich 1 bis 5 kV, so wird er durch Abstandänderung auf 5 bis 25 kV

[1] E. REGENER: Zeitschr. Physik **74**, 433 (1932).

[1] TH. WULF: Physik. Zeitschr. **31**, 315, 1030 (1930).

[2] F. STARKE u. R. SCHROEDER: Arch. Elektrotechn. **20**, 115 (1928).

erweitert. Jedes Instrument wird mit vier Meßbereichen geeicht geliefert (Leybold-Köln).

Das Instrument ist sowohl für Gleich- als auch für Wechselspannung verwendbar. Der Abstand der Platten für Wechselspannung ist um ein geringes verschieden von dem für Gleichspannung. Die Grenzen der Meßbereiche liegen für die verschiedenen Größen der Instrumente zwischen 1 und 500 kV.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Werte für die Spannungsempfindlichkeit *SE*, die Ladungsempfindlichkeit *LE* und die ungefähren Grenzen der Meßbarkeit für die verschiedenen Instrumente zusammengestellt.

Die beigegebene Figur veranschaulicht die Meßbereiche der beschriebenen Elektrometer in graphischer Darstellung.

Spannungs- und Ladungsempfindlichkeit einiger Elektrometer.

Elektrometer		Spannungsempfindlichkeit SE $\left(\frac{\text{Skt.}}{\text{V}}\right)$	Ladungsempfindlichkeit LE $\left(\frac{\text{Skt.}}{\text{V} \cdot \text{cm}}\right)$	Meßbereichgrenze untere (Volt)	Meßbereichgrenze obere (Volt)
Quadrant-	THOMSON			$1 \cdot 10^{-3}$	10^{2}
	COMPTON	$5 \cdot 10^{3}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	~ 2
	LINDEMANN	$\sim 3 \cdot 10^{3}$		$3 \cdot 10^{-4}$	1
	DOLEZALEK	$\sim 3 \cdot 10^{3}$	40	$3 \cdot 10^{-4}$	500
Duant-	DOLEZALEK	$1 \cdot 10^{4}$	7	$1 \cdot 10^{-4}$	10^{3}
	HOFFMANN-PFORTE	$7 \cdot 10^{3}$	220	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	10^{2}
	HOFFMANN	$2 \cdot 10^{4}$	7400	$5 \cdot 10^{-5}$	10^{2}
Faden-	Einfaden-	$1 \cdot 10^{3}$	22	$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{3}$
	Zweifaden-	0,3	0,1	3	600
	Schlingen-	20	9	0,05	250
Hochspannungs-	BRAUN			10^{2}	$2 \cdot 10^{4}$
	WULF			50	$1{,}5 \cdot 10^{4}$
	STARKE-SCHROEDER			10^{3}	$5 \cdot 10^{5}$

Jena, Institut für angewandte Optik der Universität.

Ergebnisse und Probleme der Biochemie. Bericht von Dr. OTTO CURIO in Berlin.

Eine Wanderung durch das Gebiet der Biochemie ist nicht gerade ein Spaziergang. Sie ist ein beschwerlicher Marsch, der durch das hügelige Vorland der Physik und Chemie, der physikalischen Chemie und der Kolloidchemie führt und schließlich im Hochgebirge der eigentlichen Wissenschaft vom Leben endet. Viele Gipfel sind hier im Laufe des letzten halben Jahrhunderts erstiegen, aber der größte Teil von ihnen harrt noch der Überwindung, und viele sind in der Ferne überhaupt kaum erst sichtbar.

Einen Führer in dieses Zentralgebiet der Biologie bietet das Buch [1], das hier im Auftrage der Schriftleitung einer eingehenden Würdigung unterzogen werden soll. Es will kein Lehrbuch sein, sondern die bisherigen Ergebnisse nur kurz und summarisch zusammenfassen, dagegen alle Probleme an den Grenzen der vielen Sondergebiete eingehend behandeln und diskutieren. Gerade für uns Lehrer dürfte ein Führer in ein so lebensnahes Gebiet willkommen sein, da wir uns nicht wie der Forscher spezialisieren und uns nicht aus der Fachliteratur in dem sich überstürzenden Wirrwarr von Entdeckungen, Hypothesen und Problemen auf dem Laufenden halten können.

Der Verfasser gliedert seine Arbeit in 5 Abschnitte: 1. die lebende Substanz als chemisches System, 2. die Baustoffe der lebenden Substanz, 3. der Aufbau und Abbau der Nähr- und Zellstoffe, 4. der chemische Mechanismus der Zellvorgänge und 5. die Energetik der lebenden Substanz.

1. In einer allgemeinen Einführung wird der Begriff „Protoplasma" diskutiert. An die Stelle der alten Vorstellung vom „Riesenmolekül" ist die Annahme getreten, daß das Protoplasma aus einzelnen, wohl definierten chemischen Stoffen besteht, die nur durch besondere Zustände als Gemisch ein physiko-chemisch bedingtes System „lebende Substanz" bilden. Daß zwischen den einzelnen Komponenten irgendwelche Bindungen bestehen, ist sicher, nur sind es keine stöchiometrisch bedingten. Wir haben hier alle Möglichkeiten von den echt atomistischen Verbindungen bis zu den Bindungen höherer Ordnung, den Molekular- und Komplexverbindungen, den Assoziaten und Aggregaten, den kolloidalen Mizellen und den assoziativen Bindungen an den Zelloberflächen.

Eine Schwierigkeit liegt in der heutigen Unmöglichkeit, echte Systembestandteile und nur begleitende Stoffe voneinander zu trennen. Na-, Ca-, PO_4-Ionen sind notwendig, ebenso Fett, Eiweiß, Glykogen, aber sind sie in der ganzen vorhandenen Menge integrierende Bestandteile,

[1] Chemische Grundlagen der Lebensvorgänge. Eine Einführung in biologische Lehrbücher von Prof. Dr. med. et phil. CARL OPPENHEIMER, Berlin. Verlag Georg Thieme, Leipzig. Preis RM 22,50; geb. RM 24,50.

oder sind sie zum Teil Reservestoffe für die Lieferung von Energie oder von Baumaterial? Am schwierigsten ist diese Entscheidung bei der Pflanze, da hier die Zelle selbst zum Teil als Ablagerungsstelle für Stoffwechselschlacken dient. Beim Tier liegen die Verhältnisse einfacher, da es keine chemisch differenzierten Membranen und keine definitiven Ablagerungen besitzt, sondern ein gut funktionierendes Exkretionssystem.

Den entscheidenden Zug in dem Charakterbild der lebenden Substanz bildet die Tatsache, daß sie eine Maschine ist, bei der Baumaterial und Energielieferant, vulgo Heizmaterial, nicht grundsätzlich voneinander getrennt sind. Dies ist nur möglich durch die kolloide Natur der Baustoffe. Sie müssen als solche elastisch und stabil, dagegen als Energielieferanten abbauenden chemischen Kräften zugänglich sein. So ergibt sich bereits aus dieser Doppelnatur ein Grund für die Notwendigkeit der Enzyme, die z. B. das Gerüstmaterial der Zellulose in die leicht abbaufähigen Betriebsstoffe der Zucker überführen.

Zu vollendeter Anpassungsfähigkeit wird aber dieses chemisch-dynamische Gebilde erst durch den wechselvollen Einfluß der Elektrolyte gebracht. Sie beherrschen das ganze komplizierte Kräftespiel zwischen Oberflächenspannung, Diffusion und Osmose, Quellung und Entquellung, die Ultrafiltration, das Entstehen elektrischer Potentialdifferenzen mit ihren Folgen für Kataphorese und elektrische Ströme, die Adsorptionserscheinungen und damit die Permeabilität und die gesamte Strukturkatalyse an den Zelloberflächen.

Problematisch ist die Stellung der Regulationsstoffe, der Hormone und der ihnen nahestehenden Vitamine. Noch ungeklärter ist die Frage, ob die für die Fortpflanzung wichtigen Chromatine zum chemischen System zu rechnen sind. Überhaupt wissen wir von der besonderen Rolle des Zellkerns für den Stoffwechsel der Zelle kaum etwas. Wir beschränken uns deshalb hier auf die wesentlichen Vorgänge im Zytoplasma und an seiner Oberfläche.

Die erste Gruppe der lebensnotwendigen Elemente, der Bioelemente, bilden Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor, die zweite Gruppe die hauptsächlich in den Elektrolyten vertretenen Elemente Chlor, Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium. Von den in geringen Mengen auftretenden Bioelementen sei hier nur das Eisen genannt. Der menschliche Körper enthält davon 3,2 g, und zwar 75% dieser Menge in den Erythrozyten. Es findet sich in Blut und Lymphe als dialysables Eisen, also vermutlich in Form komplexer Salze, ferner gespeichert in Milz und Leber als Vorstufe der Hämine, die innere Komplexsalze mit den Porphyrinen darstellen, in allen Zellen vorkommen und hier nach den Untersuchungen WARBURGS als Atmungskatalysator die biologische Oxydation bewirken. Das im Hämoglobin enthaltene, mit zweiwertigem Eisen ausgestattete Hämin dient nur als Transportmittel für molekularen Sauerstoff im Blut der Wirbeltiere. Zu den Häminen gehören das Zytochrom KEILINS und die Zellfermente Peroxydase und Katalase. Vielleicht hängt auch die Assimilation der Kohlensäure mit dem Eisen zusammen, da auch die Chloroplasten reichlich Eisen enthalten.

Ein besonderer Vorzug des Buches von OPPENHEIMER besteht in den vielen Diskussionen, in denen Gründe und Gegengründe sorgfältig gegeneinander abgewogen werden. Sehr klar wird in dieser Weise die Kernfrage behandelt, in welchen Beziehungen der bereits oben erwähnte kolloide Zustand der wichtigsten Zellbaustoffe zu ihrem rein chemischen Aufbau steht. Der kolloide Zustand hat die Eigentümlichkeit, einer Substanz gleichzeitig den Charakter als Baustoff und als „Heiz"material zu verleihen. Diese Grundbedingung für die Verwendbarkeit in der Maschine der lebenden Substanz erfüllen in erster Linie die nur als Kolloide auftretenden höheren Kohlehydrate und die Eiweißstoffe. Sie sind stets Kolloide, die Kolloide an sich, die Eukolloide nach STAUDINGER. Chemisch-analytische, synthetische, physiko-chemische und röntgenologische Untersuchungen haben ergeben, daß wir es in ihnen mit Hochpolymeren zu tun haben, die periodisch aus kleinen Molekülen, den sog. „Bausteinen", oder genauer aus Baugruppenrümpfen (z. B. $C_6H_{10}O_5$, nicht $C_6H_{12}O_6$) zusammengesetzt sind. Diese Ketten können nun so lang werden, daß sie nach STAUDINGERS Ansicht als Makromoleküle in die kolloide Sphäre hineinreichen, daß also z. B. die Zellulose 500 bis 1000 Glukoserümpfe mit Hauptvalenzen aneinanderreiht. K. H. MEYER und H. MARK nehmen kürzere Ketten an, für die Zellulose 50 bis 100 Glukoserümpfe, die aber wie Streichhölzer zu Bündeln von 40 bis 60 Ketten assoziiert sind (durch übermolekulare Kräfte). Daß der bisherige klassische Begriff des Moleküls, der rein kinetisch definiert worden ist, in den strukturchemischen des Makromoleküls umgewandelt werden muß, kann hier nur angedeutet werden.

2. Aus der guten Übersicht der wichtigsten Baustoffe sei hingewiesen auf die Hormone und die Vitamine, auf die Strukturbetrachtungen an den Kohlehydraten unter Benutzung der Projektionsformeln von HAWORTH, auf die respiratorischen Pyrrolfarbstoffe, die Hämine, auf die Bedeutung der Verbundenheit mit der intakten Zelle bei dem Fermenthämin und beim Chlorophyllsystem, auf die funktionelle Unterscheidung unlöslicher und löslicher Eiweißstoffe, auf die Ermüdungserscheinungen an Kolloiden, die als Vorboten des Zelltodes am Muskel nachgewiesen worden sind.

3. An einem klaren Gesamtbilde der zahlreichen Auf- und Abbauprozesse der Nähr- und Zellstoffe in Pflanze, Tier und Mikroben fehlen noch sehr viele Einzelheiten. Innerhalb desselben Organismus sind Nähr- und Zellstoffe gruppenidentisch. Nährstoffe sind nichts anderes als zukünftige Zellstoffe und diese wiederum zukünftige Nährstoffe. Für beide schlägt deshalb Verfasser den gemeinsamen Namen Metabolite (griech. metaballein, umwandeln) vor, den THUN-

BERG für die abbaureifen Zellstoffe geschaffen hat. Natürlich sind nur funktionell wichtige Stoffe darunter zu verstehen und nicht etwa Stoffwechselschlacken.

Die beiden wichtigsten Kreisläufe von Elementen sind die des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs. Recht klar werden die Hypothesen der Kohlensäureassimilation von WILLSTÄTTER, WURMSER, STOLL, KAUTSKY und WO. OSTWALD geschildert. Von den meisten wird Formaldehyd als Primärprodukt angenommen nach der Bilanzformel:

$$H_2CO_3 + 112\,500\ \text{gcal} \rightarrow H \cdot CHO + O_2.$$

Einigkeit herrscht darüber, daß die Assimilation nicht etwa am Chlorophyll als chemischem Körper hängt, denn zerriebene Blätter mit zerstörter Zellstruktur versagen. So steht am Anfang des Lebens und am Ende des Abbaues (Oxydation durch das Atmungsferment) eine Strukturkatalyse, die an die unverletzte Architektonik der Zelle gebunden ist. Das Problem ist, wie man sich diese Vorgänge physiko-chemisch vorzustellen hat. Daß photochemische Reaktionen und nur katalytisch beschleunigte Dunkelreaktionen beteiligt sind, ist sicher; aber an welcher Stelle und in welchem gegenseitigen Verhältnis sie auftreten, darüber sind sich die Gelehrten nicht einig.

Erwähnt sei, daß ein Nachweis von Formaldehyd bisher nicht gelungen ist.

Ein wichtiger Gesichtspunkt von allgemeiner Bedeutung sei noch hervorgehoben: in der lebenden Substanz gibt es keine chemischen Körper im statischen Sinne, weder Formaldehyd, noch Triosen, noch Rohrzucker, noch gelöste Stärke. Es gibt nur Gleichgewichte zwischen allen diesen und vielen anderen Stoffen. Es werden also aus Formaldehyd Kohlehydrate aller Stufen gebildet, die miteinander im Gleichgewichte stehen; Verschiebung dieser Gleichgewichte nach einer Richtung, also Stabilisierung bestimmter Körper findet erst statt, wenn ein Bedarf an diesen vorliegt.

Mit Ausnahme der Kohlehydrate können wir von keiner der anderen Gruppen lebenswichtiger Stoffe den Weg ihres Aufbaues angeben. Die Bildung organischer Säuren, der Ester, Aldehyde, Ketone und vor allem der verschiedenen, häufig sehr komplizierten Ringe ist uns noch ganz unklar. Wir können nur gewisse Typen von Reaktionen angeben und für diese eine gewisse Wahrscheinlichkeit zu beweisen versuchen. Es sei deshalb hier auf die betreffenden Abschnitte des Buches selbst verwiesen.

Besser steht es mit der Kenntnis des Abbaues der Zellstoffe. Freilich müssen wir auch hier wieder die Lücken unseres Wissens mit Arbeitshypothesen füllen und stehen schließlich am Ende unseres Könnens.

Die primäre Etappe des Abbaues ist stets die Hydrolyse. Sie stellt aus den stabilen hochmolekularen Zellstoffen durch Eintritt von Wasser, welches gewisse Bindungen löst, die chemisch aktiven Grundkörper wieder her. In chemischer Beziehung ist sie durch Einfachheit und Gleichförmigkeit des Verlaufes gekennzeichnet, in biologischer Hinsicht durch die Bereitstellung der Substanzen in angriffsfähiger Form für die nun einsetzenden eigentlichen Prozesse des Abbaues. Diese rein vorbereitende Maßnahme ist deswegen auch nur mit der Lieferung einer geringen Menge freier Energie verknüpft.

Tief greifen die Prozesse des eigentlichen Abbaues in die chemische Zusammensetzung der Grundkörper ein, indem sie die unter Energieaufwand hergestellten Kohlenstoffketten lösen und sie ganz oder teilweise zur Oxydation bringen. C. NEUBERG und C. OPPENHEIMER haben deshalb für diese Vorgänge den gemeinsamen Namen Desmolyse (griech. desmós, Band) im Gegensatz zur Hydrolyse vorgeschlagen. Energetisch sind sie dadurch gekennzeichnet, daß sie nicht die ganze durch die Assimilation aufgespeicherte Energie wieder in Bewegung setzen. Da die gesamte Dissimilation oxydativ unter Bildung von $CO_2 + H_2O$ verläuft, so schloß man seit LAVOISIER auf eine „Verbrennung" der Nährstoffe im Tierkörper und bezeichnete diesen als eine Verbrennungsmaschine. Diese Vorstellung war ein Irrweg für die Zellphysiologie. Heute wendet man diese Bezeichnung häufig nur noch aus Bequemlichkeit für den Gesamtvorgang an.

Tatsächlich ist der Sauerstoff durchaus nicht in jeder Phase der zahlreichen Folgereaktionen und vor allem nicht am Anfang der Desmolyse beteiligt. In dem klassischen Beispiel des Abbaues der Hexosen haben wir zunächst nichts anderes als intramolekulare Verschiebungen von Wasserstoff und Sauerstoff ohne Hinzutritt anderer chemischer Stoffe, allgemein ausgedrückt also Oxydoreduktionen, d. h. Hydrierung oder Wasserstoffanreicherung eines Teiles und Dehydrierung oder Wasserstoffentziehung beim anderen Teile. Schematisch sei dies kurz an einer Hexose dargestellt:

I. $CH_2OH \cdot CHOH \cdot CHO\,H \cdot CHOH \cdot CHOH \cdot CHO$
II. $CH_2OH \cdot CHOH \cdot CHO + CH_2OH \cdot CHOH \cdot CHO$
III. $CH_2OH \cdot CHOH \cdot CH_2CH + CH_2 : COH \cdot COOH.$

So entstehen durch Spaltung und durch Verschiebung von Wasserstoff und Sauerstoff Glyzerin und die Enolform der Brenztraubensäure. Das Endziel ist die Ausbildung einer maximal mit Wasserstoff beladenen Phase und die einer solchen mit einem Minimum an Wasserstoff. Letzteres ist in der Karboxylgruppe COOH erreicht, aus der sich leicht CO_2 abspaltet. So entsteht also das eine Endprodukt der Dissimilation rein durch Oxydoreduktion als Ergebnis von Dehydrierungsprozessen ohne Zuhilfenahme freien Sauerstoffs. Die anderen hochhydrierten Phasen werden dadurch weiter verarbeitet, daß ihr Wasserstoff durch Bindung an freien Sauerstoff oxydiert wird. Nur hier haben wir eine wahre Oxydation, so daß also der ganze Prozeß der Atmung nichts anderes ist als eine Knallgasreaktion mit der gewaltigen Energieentwicklung von 68 275 gcal pro Mol H_2O oder 57 000 gcal an freier Energie bei 25° C.

Bis zum Einsetzen der Atmung gehen also nur anoxybiontische Prozesse vor sich. Diese

stehen in Zusammenhang mit den lange bekannten Prozessen der Gärung, deren beide wichtigste Fälle der Zerfall in Milchsäure und in Äthylalkohol + CO_2 sind:

I. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\,CH_3 \cdot CHOH \cdot COOH$

II. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\,CH_3 \cdot CH_2OH + 2\,CO_2$.

Die moderne Forschung hat nun sichergestellt, daß wie bei den Mikroben auch in der tierischen Zelle bei Abschluß von Sauerstoff die genannten Prozesse vor sich gehen. Es gibt also nicht zwei Typen des Zellstoffwechsels, sondern nur einen einzigen, der sich zusammensetzt aus dem anoxybiontischen Spaltstoffwechsel der Gärung und dem oxybiontischen, in der Knallgasreaktion gipfelnden Endstoffwechsel der Atmung. Der Sinn dieser Kombination von zwei Grundvorgängen ist ein doppelter: 1. ein chemischer, da durch die anoxybiontische Umlagerung Stoffe entstehen, die ein höheres Reduktionspotential haben als die reaktionsfähigsten Zellstoffe, wie z. B. die Zucker, 2. ein biologischer, da der Energiegewinn aus der Gärung, wenn er auch klein ist, für die höher organisierte Zelle hinreichend sein kann, um sie über kurze Zeiten der Sauerstoffnot, wie beim schwerarbeitenden Muskel, hinwegzubringen.

Von den Abbaustufen der einzelnen Zellstoffe haben wir nur bei den Kohlehydraten und den Nukleinsäuren ein einigermaßen vollständiges Bild, nicht dagegen bei den Aminosäuren und den Fettsäuren. Von dem zentralen Problem des Betriebsstoffwechsels, dem Abbau der Zucker, kann hier nur so viel gesagt werden, daß es den 20jährigen Bemühungen von C. NEUBERG und MARIA KOBEL gelungen ist, im Methylglyoxal $CH_3 \cdot CO \cdot CHO$ die entscheidende Zwischenstufe der Anoxybiose in Gärungsgemischen und in der tierischen Zelle zu erkennen. Man kann von einem seiner Hydrate aus tatsächlich zu Milchsäure sowie zu Alkohol + CO_2 gelangen und in der Oxybiose die einzelnen C- und H-Atome über die Brenztraubensäure, den Azetaldehyd, die Essigsäure und die Bernsteinsäure zu ihren Endzuständen CO_2 und H_2O führen. Wegen des Problems des „ersten Angriffs" der Hexosen bei der Hefe und im Muskel, das von höchster physiologischer Bedeutung für die Wirkung des Insulins und die Aufklärung der Diabetes ist, muß auf das Buch verwiesen werden.

4. Die wichtigsten Hilfsmittel im chemischen Mechanismus der Zellvorgänge sind die Katalyse und die Fermente. In der lebenden Substanz handelt es sich um Vorgänge im mikro-heterogenen System, es spielen deshalb Oberflächenerscheinungen aller Art mit. Besondere Bedeutung gewinnt die Adsorption. Durch ihre Vermittlung findet nicht nur die Katalyse, d. h. die Beschleunigung an sich möglicher Reaktionen, an den Oberflächen statt, sondern auch die Umsetzung chemischer Energie in Arbeit. Die wichtigsten biologischen Katalysatoren sind die Enzyme oder Fermente. Sie sind lösliche, organische Kolloide und wirken nur in engstem Zusammenhang mit den Zellkolloiden als ihren Trägern und nur in besonders gearteter Verteilung auf deren großen Oberflächen. Sie sind also Systeme, die aus Wirkgruppe und Träger bestehen. Sie bewirken nichts anderes als eine schnellere Einstellung der unter gegebenen Bedingungen möglichen Gleichgewichte. Sie bringen niemals neue Energie in ein System hinein. Sie sind nicht nur im Abbau, sondern auch im Aufbau tätig, und zwar durch Umkehr leicht reversibler Reaktionen sowie durch Reaktionskoppelung. Die Katalyse kann entweder durch chemische Bindung des Katalysators an das ursprüngliche Substrat mit Haupt- oder Nebenvalenzen oder durch reinen Oberflächenkontakt wie bei Kohle, Bimsstein, Metallen zustande kommen. Doch besteht zwischen Nebenvalenzen und Adsorptionsbindung nur ein gradueller Unterschied.

Die Beschleunigung der Prozesse geschieht durch Aufhebung innerer Widerstände, die hauptsächlich in dem festen Zusammenhalt der Moleküle begründet sind. Also sind freie Atome, freie Radikale oder irgendwie angeregte Moleküle durch Oberflächenbindung zu schaffen. In diesem Sinne läßt die HABER-WILLSTÄTTERsche Theorie bei der katalytischen Oxydation dem Substrat durch das chemisch beteiligte Enzym ein Atom Wasserstoff entziehen. Das dadurch entstandene freie Radikal reagiert dann in langen Kettenreaktionen ohne Beteiligung des Enzyms weiter, z. B. mit Sauerstoff, der auch gleichzeitig das Enzym regeneriert. Dieses spielt also die Rolle eines leicht reversiblen Redoxsystems. Für die Zusammenhänge zwischen der Katalyse und den Redoxpotentialen hat besonders L. MICHAELIS sehr wertvolle Hinweise gegeben.

Die oben erwähnte Eigenschaft der Enzyme, Gleichgewichte zur schnelleren Einstellung zu bringen, ist für den Ablauf der Lebensvorgänge geradezu ausschlaggebend. Diese sind wegen der großen Widerstände in den festgefügten Ketten und Komplexen ausgesprochene Zeitreaktionen. Da nun aber z. B. Darmsäfte die Nahrungsstoffe in einer bestimmten kurzen Zeit abbauen müssen, der keimende Same der wachsenden Pflanze die Reservestoffe im richtigen Zeitmaß liefern soll und ein Muskel auf einen Nervenreiz hin sofort und ausreichend arbeiten muß, so werden nicht Anforderungen an das Arbeitsmaß, sondern an den Effekt, d. h. die Arbeitsleistung in der Zeiteinheit, gestellt. Der Erreichung dieses Zweckes dienen die Enyme. Sie garantieren die Arbeitsbereitschaft der Zelle.

Wie aber die für Ruhe und Arbeit nötigen Regulationen des Fermentgetriebes zustande kommen, darüber wissen wir sehr wenig. Neben der automatischen Regulation im Zellgetriebe selbst haben wir die übergeordnete Regulation von der zentralen Leitung aus, die sich beim höheren Tier über die Nerven und über die mit diesen gekoppelten Hormone vollziehen. Auch diese setzen wohl überwiegend an den Grenzflächen durch kolloidchemische Verschiebungen mit ihrer Wirkung an. Hierzu kommt die Beteiligung der Elektrolyse. So haben wir ein überaus verwickeltes Kräftespiel zwischen Enzymen, Hormonen und Elektrolyten, das noch nicht im entferntesten aufgeklärt ist.

Wir müssen nun für die Gärung und die Atmung die Fermentsysteme aufsuchen. Wir bezeichnen sie als Desmolasen. Wie oben bei der Besprechung der Oxydoreduktionen gezeigt wurde, ist der primäre Vorgang eine Dehydrierung. Das hierbei wirksame Ferment ist eine Dehydrase. Sie bewirkt etwas, was WIELAND als „Aktivierung des Wasserstoffes" bezeichnet und was soeben in der neuesten modifizierten Form der HABER-WILLSTÄTTERschen Theorie geschildert worden ist. Das Enzym adsorbiert sowohl den Donator als auch den Akzeptor und bildet mit ihnen ein Dreiersystem, so daß der Übergang des Wasserstoffs sich innerhalb des Systems auf den gleichen Adsorptionsflächen abspielen kann. Voraussetzung ist, daß das Enzym ein höheres Redoxpotential hat als der Donator, ein niedrigeres als der Akzeptor.

WIELANDS Lehre ist sicher für alle bekannten anoxybiontischen Vorgänge ausreichend. Gegen ihre alleinige Gültigkeit auch im Bereich der Oxybiose spricht aber die Tatsache, daß es ein vollständiges, fein funktionierendes System der Oxydationskatalyse in allen atmenden Zellen, das WARBURGsche Atmungsferment, gibt, für welches die WIELANDsche Theorie keine ersichtliche Funktion übrig lassen würde. WARBURGS großes Verdienst ist es, nachgewiesen zu haben, daß der größte Teil der Zellatmung an dem in der Zelle vorhandenen Eisen hängt und daß es sich bei dem chemisch-definierten System des Fermenthämins um eine wahrhaft katalytische Wirkung handelt. Neuerdings bahnt sich auch für die Oxydationskatalyse durch die Theorie von HABER-WILLSTÄTTER eine übergeordnete, einheitliche Deutung an. Entweder genügt das System Donator—Enzym—molekularer Sauerstoff: dann ist auch die Endoxydation eine Hydrierung, und zwar von Sauerstoff, und vollzieht sich eine „Aktivierung" des Sauerstoffs auf der Oberfläche der Dehydrase selbst, oder das System Donator—Enzym hat keine genügende Affinität zum Sauerstoff: dann wird der Sauerstoff oder dieser und gleichzeitig der Wasserstoff am Atmungsferment aktiviert. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den beiden Aktivierungen ist nicht mehr zu machen.

Auf die PASTEUR-MEYERHOFsche Theorie über die Beziehung zwischen Gärung und Atmung kann hier nicht näher eingegangen werden. Ein Hinweis auf ihre Wichtigkeit für die Erkenntnis des Stoffwechsels der Tumorzellen, die bei nicht genügend funktionierender Atmung Milchsäure in die Erscheinung treten lassen, mag genügen.

Den Charakter des „Vitalen" erhalten die Grundprozesse der Kohlensäureassimilation und der Atmung dadurch, daß die Architektonik der wirksamen Oberflächen unbedingt mit der intakt gebliebenen Struktur der lebenden Zelle verknüpft ist. Der enzymatische Vorgang an sich ist rein physikalisch-chemisch zu bewerten. Damit ist die Zuständigkeit der einzelnen Wissenschaftsgebiete für die Teilaufgaben des ganzen Problems klar abgegrenzt.

5. Besonders wichtig wird der Nachweis der Zuständigkeit, wenn es sich um die Anwendung der Hauptsätze der Thermodynamik auf die Energetik der lebenden Substanz handelt.

Ehe sich der Verfasser diesen Problemen in den letzten Abschnitten zuwendet, orientiert er die ganze Fragestellung vollkommen neu, da sie mit der rein biologischen Frage nach den Zielen und Zwecken dieser Vorgänge verknüpft ist. Von den erkennbaren drei Zielen des Organismus, der Entgiftung, dem Baustoffwechsel und dem Betriebsstoffwechsel, sind die beiden ersten fest in den Koordinationen der Einzelvorgänge im Gesamtorganismus verankert, den wir uns als eine „harmonische, nach einheitlichen Regulationen gelenkte und somit nicht mehr in bezug auf die Einzelmengen selbständige Integration der lebendigen Substanz" vorstellen. Entgiftung und Baustoffwechsel der Zellen lassen sich also nicht isoliert betrachten, sie hängen durch Blut und Lymphe mit dem ganzen Organismus zusammen. Auch in bezug auf die Energetik müssen wir aus demselben Grunde eine ganze Reihe von Vorbehalten machen. Alle über die Zellphysiologie hinausweisenden Erscheinungen gehören ins Gebiet der Physiologie des Stoffwechsels im weitesten Sinne. Sie werden deshalb hier nicht behandelt.

Verfasser untersucht also nur die allgemeinen Grundlagen, wie und zu welchem Zwecke die lebende Substanz die chemische Energie der Nähr- und Zellstoffe in Arbeit und Wärme transformiert. Wenn wir die chemische Energie als einzige Grundlage dieser Transformationen annehmen — wir sehen hier von der Photosynthese in den grünen Pflanzen ab —, so folgt daraus, daß in der lebenden Substanz keine im chemischen Sinne unfreiwilligen Prozesse, also solche mit Energieaufwand vorhanden sein können, abgesehen von Teilprozessen bei gekoppelten Reaktionen, die aber bedingt und überkompensiert werden von freiwillig verlaufenden mit stärkerer Energieabgabe. Der Gesamtablauf der chemischen Vorgänge in der lebenden Substanz ist also einseitig gerichtet im Sinne freiwillig verlaufender chemischer Vorgänge mit Absinken des chemischen Potentials, der freien Energie. Damit haben wir den Anschluß an den 2. Hauptsatz der Thermodynamik erreicht, der ganz allgemein für alle freiwillig verlaufenden Vorgänge gilt. Nur in äußerst kleinen Gebieten sind andere Vorgänge denkbar. Aber aus Mangel an Raum muß wegen Einzelheiten auf das Buch verwiesen werden. Auch von den eingehenden mathematischen Betrachtungen sei hier abgesehen. Hervorgehoben sei nur, daß auf jeden Fall alle Wärme, primäre und sekundäre, als Energiequelle für die Zellarbeit auszuschließen ist. Weder die Einzelzelle, noch die Organe, noch der Gesamtorganismus können als kalorische Maschine aufgefaßt werden, da alle Vorrichtungen für die Erzeugung „heißer" Wärme ebensowenig vorhanden sind wie solche für ihren Transport zum Zwecke einer erneuten Transformation in Arbeit.

Die Zelle ist also eine chemodynamische Maschine, d. h. die Umsetzung geht direkt von der chemischen Energie zur Arbeit. Deshalb hängt die Arbeitsfähigkeit des Systems nur von der

freien Energie F ab und nicht, wie es die ältere auf dem BERTHELOTschen Prinzip beruhende Annahme verlangte, von der Gesamtenergie oder inneren Energie U. Es ist zu beachten, daß der Organismus ein Musterbeispiel für eine nahezu isotherm arbeitende Maschine ist. Eine solche verbürgt den höchst möglichen Wirkungsgrad.

Einige Worte seien darüber gesagt, welcher Art die Arbeiten sind, die die Zelle zu leisten hat, um sich selbst und ihre Funktionen zu erhalten. Ein Teil ist chemische Arbeit, die zum Umbau und Aufbau (Assimilation) von Zellsubstanz aus Nährstoffen geleistet wird. Nur ein kleiner Teil ist mechanische Arbeit in den Zellen und an ihren Grenzflächen. Der Hauptteil aber ist physiko-chemische Arbeit mannigfachster Natur: osmotische Arbeit, Quellungsarbeit, Oberflächenarbeit verschiedenster Art, elektrische Arbeit in Form von Ionisierungsspannungen, Aufladungen, Ausbildung von Potentialdifferenzen usw. Im Grunde genommen sind alle diese Arbeiten elektrischer Natur. Galvanische Zellen spielen wohl kaum eine wesentliche Rolle. Das entscheidende Maschinenelement der Zelle ist die semipermeable Membran, von der sich elektrische Ungleichgewichte der verschiedensten Art und damit verbunden kolloidchemische Ungleichgewichte aufbauen können.

Alle diese Maschinen sind völlig unabhängig voneinander im Sinne der Energiegewinnung. Die Energie, die eine Zelle erzeugt, dient nur ihren eigenen Zwecken und erst indirekt dem allgemeinen Ganzen. „Alle Versuche, den Organismus als eine einheitliche Maschine hinzustellen, mit zentralisierter und weiter verteilter Energieerzeugung, sind abwegig.“ Verfasser möchte den Gesamtorganismus gewissermaßen als ein ganzes Werk betrachten, in dem neben den eigentlichen Maschinen für die spezifische Zellarbeit noch Anlagen für die Speisung dieser Maschinen vorhanden sind: Rohstoffdepots, Vorbereitungslaboratorien, Einrichtungen für Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von CO_2, für Transport und für Abfallbeseitigung. Und alles ist einheitlich verbunden mit der Zentralleitung, die durch Nerven und Hormone Reize und Boten ausschickt, um den Zustand des einzelnen Maschinchens dahin zu dirigieren, daß gewisse Prozesse beschleunigt und andere verlangsamt werden.

Es ist schwer, sich von dem Thema des Buches und von der vorzüglichen Bearbeitung, die es durch den Verfasser erfahren hat, loszureißen. Leicht ist es nicht, sich einzuarbeiten in diese Welt von Tatsachen, die in mühseligster Forscherarbeit gewonnen worden sind, und von tiefsten Problemen, die noch Generationen beschäftigen werden. Aber leichter gemacht hat der Verfasser diese Arbeit durch sein Buch. Ist es ein Führer, so ist der Zweck dieses Berichtes, die Wegweiser für die Führung aufgestellt zu haben.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Über das Wesen der physikalischen Begriffe und ihren anthropomorphen Charakter. Eine erkenntnistheoretische Studie zur physikalischen Begriffsbildung. Nach Prof. FRITZ REQUARD.

Unter dem obigen Titel enthält die Festschrift, die anläßlich des 25jährigen Bestehens der Staatlichen Tung-chi-Universität zu Woosung in China am 20. Mai 1933 erschienen ist, einen Aufsatz, der von dem Professor der Physik und Vorstand des physikalischen Instituts der Universität Shangai-Woosung FRITZ REQUARD, früher Studienrat in Elberfeld, verfaßt worden ist. Die Leser dieser Zeitschrift werden es zweifellos begrüßen, von dem geistigen Leben deutscher Wissenschaftler im Ausland etwas zu hören. Deshalb sei im folgenden über die wesentlichen Punkte des Inhalts kurz einiges gesagt. Vorausschicken will ich, daß man an manchen Stellen dem Aufsatz eine etwas größere Ausführlichkeit gewünscht hätte; manche Fragen werden nur angedeutet, andere gar zu kurz behandelt. Aber das wird wohl mit dem Charakter der Arbeit als Beitrag zu einer Festschrift und mit dem dafür zur Verfügung gestellten Raum zusammenhängen.

Verfasser weist darauf hin, daß in den letzten Jahrzehnten nicht nur in der materiellen, tatsächlichen Erforschung der Natur sehr große Fortschritte erzielt worden sind, sondern daß auch die erkenntnistheoretische Durchforschung der Physik große Fortschritte gemacht und zu bemerkenswerten Ergebnissen geführt hat. Vor allem hat man erkannt, daß die Physik — entgegen früheren Meinungen — nicht universell ist in dem Sinne, daß irgendwelche andere, mit Vernunft begabte Lebewesen zu demselben Gebäude der Theorie gelangen müßten wie wir; sie trägt vielmehr starke „anthropomorphe Züge“. Verfasser sagt: „Die Physik der Gegenwart ist daher in gewissem Sinne ähnlich wie Sprache, Gesetzgebung und Religion der Völker ein Zufallsprodukt“[1]. Das soll bedeuten, daß sich zwar die Naturvorgänge unter gleichen Bedingungen immer in der gleichen Weise abspielen, daß aber die Theorie, die diesen Ablauf möglichst getreu wiedergeben soll, sich dazu physikalischer Begriffe bedient, die Produkte des menschlichen Geistes sind, und zwar des Geistes derjenigen Menschen, die die Begriffe schaffen. In diesem Sinne sind die oben erwähnten „anthropomorphen Züge“ der Physik zu verstehen. Sie sind stets da, unabhängig von dem Bestreben der Physik, von solchen Begriffen, die dem täglichen Leben entstammen, loszukommen oder sie zu verfeinern und auf streng Meßbares zurückzuführen, ein Bestreben, das man gelegentlich auch als „Emanzipation von den anthropomorphen Begriffen“ bezeichnet. Es sei hierfür etwa an Begriffe wie Kraft, Arbeit, Farbe, Tonhöhe, Wärmegrad u. a. erinnert. Diese Art von Anthropomorphismus

[1] Diese Formulierung, bei der man nun noch einiges über den Begriff des Zufalls zu sagen hätte, findet sich in der neueren Literatur mehrfach, z. B. genau ebenso bei H. THIRRING: Begriffssysteme und Grundgesetze der Feldphysik, im Handbuch der Physik, Bd. 4, S. 82. Berlin: Julius Springer 1929.

in der Physik ist zum guten Teil historisch zu erklären. Die Mechanik z. B. ist aus der Maschinenlehre hervorgegangen; auch die sonstige Physik war ursprünglich auf die Eigentümlichkeiten des Menschen stärker zugeschnitten; sie wurde so in Physik des Auges (Optik), des Ohres (Akustik) usw. geteilt. Die Wandlung der Begriffe zeigt sich z. B. in starker Weise bei dem der Temperatur. Die Temperatur wird nicht erklärt und gemessen mit Hilfe der spezifischen Sinnesempfindung, sondern durch die Ausdehnung idealer Gase bzw. auf Grund des zweiten Hauptsatzes der Wärmelehre.

Die MACHsche Erkenntnislehre, wonach nur die Sinnesempfindungen als „Elemente" des Wirklichen anzuerkennen sind und die Physik die Aufgabe hat, eine Verknüpfung dieser Empfindungen aufzufinden, wird vom Verfasser — wie allgemein in der heutigen Physik — abgelehnt. Er weist mit Recht darauf hin, daß bei der physikalischen Begriffsbildung mit KANT zwischen dem psychologischen Anfang und dem logischen Grunde streng zu scheiden ist. Da die Physik Objekte behandelt, die unabhängig von uns ihr Dasein haben, ist die Wahrnehmung für uns das einzige Mittel, von ihnen Kunde zu erhalten. Aber bereits jede (noch so einfache) physikalische Messung erfordert eine Erkenntnisleistung: der unmittelbare Sinneseindruck muß in die vom Bewußtsein konstruierte, gemessene physikalische Größe umgesetzt werden[1]. Diese Zuordnung physikalischer Tatsachen zu den Sinneseindrücken wird um so komplizierter und enthält um so mehr willkürliche Elemente, je weiter sie sich von den bloßen Sinneswahrnehmungen entfernen. Die rein „experimentellen Tatsachen" haben praktisch die Wahrscheinlichkeit 1; sie sind praktisch sicher, obwohl auch sie bereits weit über bloße Sinnesempfindungen hinausgehen. Dagegen ist es ja bekannt, daß dieselben Erscheinungsgebiete auf sehr weite Strecken hin durch Theorien erklärt werden können, die grundsätzlich ganz und gar verschieden sind. Z. B. sind die NEWTONsche und die EINSTEINsche Gravitationstheorie begrifflich völlig verschieden; die Berechnung der Planetenbahnen aus beiden aber stimmt bis auf ganz geringe Abweichungen überein. Viele Erscheinungen der Wärmelehre lassen sich auf Grund der kinetischen Theorie und auch rein thermodynamisch behandeln usw. Freilich gibt es dann stets eine Gruppe von Erscheinungen, die nur die eine Theorie richtig erklärt, und darin zeigt sich, daß das Maß der möglichen Willkür begrenzt ist: Die Aussagen der Theorie lassen sich stets mit der Erfahrung vergleichen, also an ihr prüfen, und unsere Kenntnis der experimentellen Tatsachen wächst ständig. Infolgedessen spielt sich in der Geschichte der Forschung eine Art Ausleseprozeß ab: Von allen Theorien und Begriffskonstruktionen, die mit den bisherigen experimentellen Kenntnissen verträglich sind, wird nur diejenige beibehalten, die sich erstens neuen Erfahrungen am besten anpaßt, und die zweitens den bisherigen Denkgewohnheiten den geringsten Zwang antut. Man hätte hier neben dem, was der Verfasser gesagt hat, darauf hinweisen können, daß zuweilen bestimmte Begriffsgebäude und Gedankengänge lange Zeit nach ihrer Entstehung plötzlich Bedeutung gewinnen können; ein vorzügliches Beispiel ist die mechanisch-optische Analogie HAMILTONS, die für die Wellenmechanik von großer Bedeutung geworden ist. In seinem schon oben (Fußnote auf S. 179) erwähnten Artikel weist H. THIRRING (S. 98) auf die HERTZsche Hypothese der „verborgenen Bewegungen" und auf die „Pulsationstheorie" von BJERKNES und KORN als auf „verdorrte Ansätze der Mechanik" hin. Auch die mechanisch-optische Analogie HAMILTONS war ein solcher verdorrter Zweig, in den nun aber plötzlich neuer Lebenssaft eingeschossen ist.

Die Entwicklung der Physik hat gezeigt, daß auch selbst ihre letzten Grundbegriffe nicht in die starre Form des KANTischen Apriori gezwängt werden können, sondern daß sie immer grundsätzlich unabschließbar bleiben. Die Relativitätstheorie hat, wie allgemein bekannt, unsere Auffassungen über Raum und Zeit wesentlich umgestaltet. Wir wissen heute, daß die EUKLIDische Geometrie keine Eigenschaft der physikalischen Wirklichkeit ist; die Eigenschaft der Wirklichkeit ist es lediglich, überhaupt geometrisch faßbar zu sein. Die Mathematik hat es nur mit Raumtypen zu tun. Sie kann als „Möglichkeitswissenschaft" alle verschiedenen Typen untersuchen; die Physik als „Wirklichkeitswissenschaft" hat zu entscheiden, welcher der möglichen Typen für die Wirklichkeit zutrifft[1]. Die Forschungen über die Be-

[1] Man spricht auch von „Tatsachen nullter, erster, zweiter usw. Stufe"; vgl. z. B. H. REICHENBACH: Ziele und Wege der physikalischen Erkenntnis, im Handbuch der Physik, Bd. 4, S. 14. Berlin: Julius Springer 1929. Schon Aussagen wie „Dort steht ein Haus" oder „Der Zeiger des Instrumentes steht auf der Zahl 2,5" u. ä. setzen voraus, daß uns früher gemachte Erfahrungen über die von einem Haus, einem Zeiger, der Zahl 2,5 usw. erzeugten Sinneseindrücke zur Verfügung stehen, enthalten also bereits theoretische Bestandteile. Die Aussage „Das Instrument zeigt einen Strom von 2,5 Ampere an" enthält entsprechend mehr Theoretisches; sie wäre eine „Tatsache zweiter Stufe".

[1] Diese Formulierungen finden sich in der vorstehenden Gestalt nicht beim Verfasser, aber z. B. bei H. REICHENBACH in dem in der Fußnote S. 180 erwähnten Artikel, Handbuch der Physik, Bd. 4, S. 45.

Der Satz des Verfassers auf S. 4 des Aufsatzes, aus der EINSTEINschen Theorie ergebe sich, daß „z. B. der PYTHAGOREische Lehrsatz und das NEWTONsche Anziehungsgesetz nur Teile ein und desselben allgemeinen Gesetzes sind", ist mir in dieser kurzen Form nicht verständlich. Der Satz des PYTHAGORAS ist ein mathematischer Satz, der immer richtig ist, gleichgültig, welche physikalischen Gesetze die Außenwelt beherrschen; er hat mit Physik nichts zu tun. Das Gravitationsgesetz dagegen macht eine Aussage über die physikalische Außenwelt; es ist daher experimentell nachprüfbar und kann sich als richtig oder falsch erweisen.

deutung der statistischen Methode und die Wellenmechanik haben auch den Kausalbegriff neu gebildet. Verfasser gibt folgende Formulierung: „Beschreibt man ein Geschehen durch endlich viele Parameter, so läßt sich die zukünftige Entwicklung dieses Geschehens mit Wahrscheinlichkeit voraussagen; diese Wahrscheinlichkeit wächst gegen 1, je mehr Parameter man berücksichtigt".

Solche erkenntnistheoretischen Einsichten sind für die Weiterbildung der physikalischen Begriffe und den physikalischen Unterricht gleich wichtig. Bei beiden ist auch noch einer allgemein-menschlichen Eigenschaft Rechnung zu tragen, nämlich dem starken Bedürfnis nach Analogien und Bildern. Wir sprechen z. B. in einem statischen elektrischen Felde von Quellen und Senken usw.; wir vergleichen es mit dem Feld einer Flüssigkeitsströmung. Daß wir diesen Vergleich als „Veranschaulichung" empfinden, liegt offenbar daran, daß uns das Gebiet der Flüssigkeitsströmung näher liegt und vertrauter ist. Das gilt ganz allgemein (man denke z. B. an die „Wärmeströmung"). Übrigens handelt es sich bei sehr vielen „anschaulichen" Bildern um eine Abbildung physikalischer Tatsachen auf solche einer niedrigeren Stufe (vgl. Fußnote auf S. 179). Wesentlich ist, daß man sich stets der Grenzen bewußt bleibt, die der Anwendung solcher Analogien und Bilder gezogen sind (sie treffen stets nur in bestimmter Hinsicht zu, in anderer aber nicht!), und daß man beim Unterricht den Schülern diese Grenze sehr deutlich zum Bewußtsein bringt. Man hätte hier neben dem, was der Verfasser sagt, z. B. auf das BOHRsche Atommodell hinweisen können: Es erklärt das Linienspektrum des Wasserstoffatoms und manches andere vorzüglich, versagt aber in anderer Hinsicht durchaus.

Sehr reizvoll und dabei außerordentlich bedeutungsvoll ist ein Gedankengang, der beim Verfasser mehrfach anklingt. Die physikalischen Theorien enthalten, wie wir gesehen haben, sehr vieles, was als Geistesprodukt ihrer Schöpfer anzusehen ist. Nun ist die moderne Physik zweifellos eine Schöpfung des Abendlandes, eine Schöpfung der weißen Rasse. Vielleicht — und sogar wahrscheinlich — hätten andere Rassen die Physik in anderer Richtung und in ganz anderer Weise entwickelt. Dieser Gedanke wird, ganz ähnlich wie vom Verfasser, in der wiederholt erwähnten Arbeit von H. THIRRING (S. 82) folgendermaßen formuliert: „Wenn sich die weiße Rasse am Ausgang des Mittelalters durch geeignete Kriegführung selbst ausgerottet hätte, so wäre von der übrigen Menschheit, von den Japanern, Azteken oder andern hochkultivierten Völkern im Laufe von Jahrhunderten oder Jahrtausenden eine Physik geschaffen worden, die für uns nicht nur absolut unverständlich wäre, sondern möglicherweise auch nicht die entfernteste Ähnlichkeit mit dem gegenwärtigen Lehrgebäude unserer Physik hätte." Man mag diese Formulierung für überspitzt halten oder nicht; der ihr zugrunde liegende Gedanke weist mit Nachdruck auf die besonderen Aufgaben und Schwierigkeiten hin, vor denen ein europäischer Lehrer an einer chinesischen Universität steht, wenn er Chinesen in die vom Abendland geschaffene Wissenschaft einführen soll. Verfasser kommt auf diese Frage mehrfach zu sprechen; er deutet sie aber leider nur an, ohne weitere Ausführungen darüber zu machen.

Man kann nun hieran eine zweite Frage anknüpfen, die meines Erachtens von großer Wichtigkeit, aber auch von ungeheuerer Schwierigkeit ist, nämlich diese: Welche besonderen Schwierigkeiten finden Angehörige ganz anderer Rassen beim Einarbeiten in die Gedankengänge der abendländischen Physik? Lassen sich daraus irgendwelche Schlüsse über die spezifische Art asiatischen (oder zunächst chinesischen) Denkens und asiatischer (chinesischer) Geisteshaltung ziehen? Es ist ja bekannt, daß schon heute z. B. indische und japanische Gelehrte an der vom Abendland geschaffenen Physik und zwar im abendländischen Geiste hervorragend mitarbeiten; sie haben freilich eine europäische Ausbildung erhalten. Die oben aufgeworfene, äußerst wichtige Frage kann nur von einem genauen Kenner des Physikunterrichts in China (etwa in Zusammenarbeit mit einem einheimischen Gelehrten) beantwortet werden. Vielleicht bietet die Durchforschung bodenständiger Ansätze zur Naturerkenntnis Ausgangspunkte für die Bearbeitung der Frage. Vielleicht aber auch ist sie zur Beantwortung überhaupt noch nicht reif. *E. Lamla.*

4. Unterricht und Methode.

Versuch einer Einführung in den Begriff der Wasserstoffionenkonzentration im Unterricht der Oberstufe. Von Dr. PAUL LINDE in Berlin-Karlshorst.

Die Durchsicht der pädagogischen Fachliteratur für den Unterricht in Chemie und Biologie läßt immer wieder erkennen, daß dem Kapitel „Wasserstoffionenkonzentration" im naturwissenschaftlichen Unterricht der Oberstufe noch nicht die Beachtung geschenkt wird, die es seiner Bedeutung nach für diesen Unterricht besitzt. Gerade dieses Gebiet ist wie selten ein anderes dazu geeignet, dem Schüler die enge Verbundenheit der naturwissenschaftlichen Fächer aufzuweisen, denn hier muß die Chemie die Grundlagen schaffen für das Verständnis eines Gebietes, das durch die Praxis des biologischen Unterrichts erst seine volle Rechtfertigung erfährt. Ich möchte nur erinnern an die Kultur von Mikroorganismen für den Unterricht oder in biologischen Arbeitsgemeinschaften, an die Reaktion von Gewässern und der verschiedenen Bodenarten, die für die damit verbundenen Organismen von großer Bedeutung ist.

In dieser Zeitschrift haben M. SCHNEIDER [42, 28 (1929)] und H. BARNSTORF [44, 255 (1931)], besonders der letztere, zahlreiche Anregungen gegeben, die für das Erarbeiten im Unterricht oder noch besser in der Arbeitsgemeinschaft den Schülern und dem Lehrer eine Fülle wertvollen

Materials liefern. Beide Arbeiten begnügen sich mit dem Hinweis auf die Tatsachen, ohne auf eine genauere Einführung des Begriffes der Wasserstoffionenkonzentration einzugehen. Ich habe bereits einige Male mit Schülern das Gebiet bearbeitet und immer das Gefühl gehabt, daß sie mit großem Interesse folgten, weil es eben leicht gelingt, die von der Chemie gegebene theoretische Grundlage in die Praxis der biologischen Beobachtungen umzusetzen.

Nachdem die Schüler mit den Tatsachen der Ionentheorie bekannt gemacht worden sind, liegt die Anwendung der Theorie zur Einteilung der Säuren nach ihrem Stärkegrad nahe. Ich benutze gewöhnlich die Schwefelsäure, um aus der Parallelität zwischen ihrem Leitungsvermögen in den verschiedenen Konzentrationsstufen und ihrem Angriffsvermögen auf die Metalle Magnesium oder Zink einen Schluß auf ihren Dissoziationszustand zu ziehen. Die Dissoziation der Säuren im Wasser macht Wasserstoffionen frei, so daß die Menge der Wasserstoffionen, oder besser die Konzentration der Lösung an solchen Ionen, ein Maß zur Bezeichnung des Säuregrades einer Lösung ist.

Das Gebiet der Säurekonzentration, das am meisten interessiert, ist nun aber das Gebiet, das in der Nähe des Neutralpunktes liegt, denn in der Physiologie sind es nicht die starken Säuren mit hohen Wasserstoffionenkonzentrationen, die eine Rolle spielen, sondern die Lebensvorgänge sind meist an enges Gebiet gebunden, das vom Neutralpunkt nur wenig in das saure bzw. alkalische Gebiet hineinreicht. Wir sind gewohnt, die Reaktion einer Lösung durch Indikatoren zu bestimmen. Nehmen wir den gebräuchlichsten Indikator, Lackmustinktur, so zeigt uns seine Rotfärbung an, daß die Lösung sauer reagiert, und die Blaufärbung zeigt die Alkalität der Lösung an. Diese Vorstellung bedarf aber einer gründlichen Revision.

Zu diesem Zwecke kann man leicht folgende Versuchsanordnung wählen. Man nimmt eine Reihe von etwa 100 ccm fassenden Meßzylindern. In den ersten füllt man eine Normalsalzsäure, entnimmt dieser mit einer Pipette 10 ccm, füllt diese in einem Meßkolben auf 100 ccm auf und gießt sie in einen zweiten Zylinder. Diesem Zylinder entnimmt man wieder 10 ccm, füllt wieder zu 100 ccm auf usw. Auf diese Weise hat man eine Reihe Lösungen gewonnen, die der Konzentration nach enthalten: die 1. eine n-Salzsäure, die 2. eine $^1/_{10}$ n-Salzsäure, die 3. eine $^1/_{100}$ n-Salzsäure usw., die 9. enthält eine Salzsäure von $^1/_{100\,000\,000}$ n-Konzentration. Um sich von der lästigen Bezeichnung von vornherein zu befreien, schreibt man besser die Konzentrationen in folgender Schreibweise: n = 1, 10^{-1}, 10^{-2}, der 4. Zylinder enthält die Konzentration 10^{-3} usw., der 9. die Konzentration 10^{-8}.

Nun enthält aber die n-Lösung einer Säure 1 g Wasserstoff, und da man ohne großen Fehler annehmen darf, daß die Salzsäure in diesen Konzentrationen vollständig dissoziiert ist, so können wir sagen, daß z. B. die n-Salzsäure auch in bezug auf die Wasserstoffionen normal ist. Dasselbe gilt natürlich relativ für die anderen Konzentrationen. (Die Abweichungen sind aus der am Schluß angegebenen Literatur leicht zu ersehen.) Wir schreiben die Wasserstoffionenkonzentration [H˙] und können folgende Tabelle aufstellen:

HCl	[H˙]-Konzentration
1 n	1
0,1 n	0,1 $= 10^{-1}$ — n
0,01 n	0,01 $= 10^{-2}$ — n
0,001 n	0,001 $= 10^{-3}$ — n
0,0001 n	0,0001 $= 10^{-4}$ — n

usw.

Etwas Ähnliches gilt natürlich für die Laugen. Auch hier können wir eine Reihe aufstellen, die mit einer n-Lauge beginnt, etwa Kalilauge, und deren einzelne Konzentrationen der Reihe nach enthalten 1 g, 0,1 g, 0,01 g usw. Hydroxyl, und da wir auch hier von allen dem Schüler das Verständnis erschwerenden Abweichungen absehen können, der Reihe nach 1 g OH-Ionen, 0,1 g OH-Ionen, 0,001 g OH-Ionen usw. Auch dies in obiger Form geschrieben: 1 — n [OH˙], 0,1 — n [OH˙], 0,01 — n [OH˙] usw. oder 10^{-0} — n [OH˙], 10^{-1} — n [OH˙], 10^{-2} — n [OH˙] usw.

Hat man nun auf diese Weise zwei Serien mit je etwa 10 Zylindern hergestellt, enthaltend die Säuren bzw. Laugen nach den in Potenzen von 10 fallenden Konzentrationen, so kann man jetzt auch mit einer größeren Anzahl Schüler folgende Untersuchung anstellen. Ich benutze gewöhnlich die den Schülern unserer Anstalt schon frühzeitig bekannten Indikatoren: Methylorange, Lackmustinktur, Phenolphthaleïn. Jeder Schüler erhält 10 Röhrchen von etwa 8 cm Länge und 1 cm Durchmesser. Die Röhrchen werden der Reihe nach mit den verschiedenen Konzentrationen der Säure bzw. der Lauge gefüllt. Hat man z. B. eine Reihe mit den verschiedenen Säurekonzentrationen gefüllt, so setzt man zu jedem Röhrchen 1 bis 3 Tropfen Methylorange. (Es ist darauf zu achten, daß die Tropfenzahl gleich bleibt, recht sauber gearbeitet wird, die Röhrchen nicht umgeschüttelt werden, indem man mit dem Finger das Röhrchen verschließt.) Leicht können die Schüler dann beobachten, daß die einzelnen Indikatoren sich den verschiedenen Konzentrationen gegenüber außerordentlich abweichend verhalten. Der Umschlag erfolgt keineswegs immer bei der gleichen Konzentration, sondern bei den verschiedensten Verdünnungsgraden. Man gelangt leicht zur Aufstellung von Umschlagsbereichen. So schlägt Methylorange schon um, wenn die Säureverdünnung erst ihren 4. Grad erreicht hat, also noch durchaus Säurecharakter trägt und sogar sauer schmeckt. Phenolphthaleïn ist durch eine noch so große Verdünnung der Säure nicht zum Umschlag zu bringen; erst in der alkalischen Reihe gelingt der Umschlag Rot in Farblos.

Besonders zu beachten ist die Tatsache, daß einige Indikatoren sowohl im sauren wie im alkalischen Gebiete beginnende Farbveränderungen zeigen, und eine Verdünnungsgrenze sowohl von der sauren wie von der alkalischen Seite her, die

die Verdünnung 10^{-7} unterschreitet, auf keinen der Indikatoren Einfluß im Sinne einer Farbveränderung ausübt.

Veranlaßt man nun die Schüler, das Ergebnis ihrer Untersuchungen in Form einer Tabelle darzustellen, so werden sie sofort erkennen, daß die Konzentration 10^{-7} insofern einen besonderen Punkt darstellt, als eine weitere Verdünnung auf die Reaktion keinen Einfluß mehr hat. Flüssigkeiten, in denen also die Konzentration an H-Ionen oder auch OH-Ionen die Konzentration 10^{-7} nicht überschreitet, sind als „neutral" anzusehen. (Es ist nicht unwesentlich zu betonen: „wässerige Lösungen".) Eine notwendige Überlegung ist auch die, daß eine Lösung, die sauer reagiert, nicht frei von OH-Ionen ist, sondern diese nur in einer Konzentration enthält, die von dem Indikator nicht mehr angezeigt wird.

In diesem Zusammenhange müßte man eigentlich sagen, daß die saure Lösung „nicht frei von OH-Ionen zu sein braucht". Glaubt man aber auf Grund einer vorhergegangenen Besprechung des Massenwirkungsgesetzes den Schülern ein Verständnis für die Dissoziationsgleichung des Wassers $\frac{[H^{\cdot}] \cdot [OH^{\cdot}]}{[H_2O]} = K = 1 \cdot 10^{-14}$ zutrauen zu dürfen, so kann man auch die Tatsache benutzen, daß eine Diskussion dieser Gleichung die Selbstverständlichkeit ergibt, daß neben den H-Ionen immer OH-Ionen in der Lösung sein werden und umgekehrt. Es ergibt die Lösung der Gleichung für den Fall der Neutralität, wo die $[H^{\cdot}] = [OH^{\cdot}]$ ist, für $[H^{\cdot}]^2 = 10^{-14}$ und für $[OH^{\cdot}]^2 = 10^{-14}$, also sowohl $[H^{\cdot}] = 10^{-7}$ und $[OH^{\cdot}] = 10^{-7}$.

Die Beobachtung, daß eine unendliche Verdünnung einer Säure bzw. einer Lauge niemals zu einer Wasserstoffionenkonzentration bzw. zu einer Hydroxylionenkonzentration „Null" führt, sondern in beiden Fällen nur zu dem Wert 10^{-7}, kann als Beweis dafür gelten, daß auch das reine Wasser H-Ionen und OH-Ionen enthält, und zwar zu gleichen Teilen in der Konzentration 10^{-7}.

Die Untersuchungen haben ergeben, daß die Farbveränderung der Indikatoren eine Funktion des Gehalts der Lösung an H-Ionen bzw. OH-Ionen ist. Es liegt der Gedanke nahe, dieses funktionale Verhältnis in graphischer Darstellung zu veranschaulichen. Doch stößt man hier auf eine Schwierigkeit. Will man in einem Koordinatensystem die Konzentrationen auf der Abszisse abtragen, so erhält man ein vollkommen verzerrtes Bild dadurch, daß z. B. der Abstand zwischen den Punkten 10^{-1} und 10^{-2} das 10fache des Abstandes zwischen den Punkten 10^{-3} und 10^{-2} betragen müßte (s. Fig. 1). Man würde also kaum 3 Intervalle zur Darstellung bringen können. Diese Schwierigkeiten kann man vermeiden, wenn man statt der H-Konzentrationen selbst nur die Exponenten auf der Abszisse aufträgt. Denn während die Konzentrationen mit der Zehnerpotenz abnehmen, stehen die Exponenten in einem linearen Verhältnis. Da alle einzutragenden Werte negativ sind, so kann man auch das Minuszeichen fortlassen und ganze Zahlen wählen. Der so gebildete Ausdruck wird bezeichnet als der Wasserstoffexponent und gibt uns in dieser Form ein leicht zu überschauendes Hilfsmittel zur Darstellung der Verhältnisse.

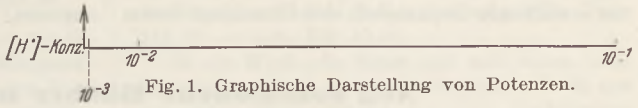


Fig. 1. Graphische Darstellung von Potenzen.

Man hat für diesen Exponenten das Symbol p_H gewählt. Die einzelnen Konzentrationsstufen der Säure: 0,1 — n, 0,01 — n, 0,001 — n usw. würden dann den p_H-Werten entsprechen: $p_H = 1$, $p_H = 2$, $p_H = 3$ usw. Der Neutralpunkt würde dann einem $p_H = 7$ zuzuschreiben sein.

Um auch die Laugenkonzentration bis zu (1 — n) einordnen zu können, bezeichnet der Wert $p_H = 8$ die OH-Konzentration 10^{-6}, der Wert

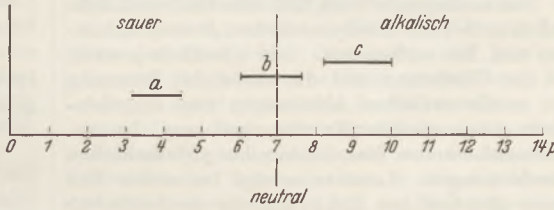


Fig. 2. Umschlagsgebiete von Indikatoren.

$p_H = 9$ die OH-Konzentration 10^{-5} usw., der Wert $p_H = 14$ die (praktisch) normale Lauge.

Die Umschlagsgebiete der einzelnen Indikatoren werden z. B. in dem Kahlbaumschen Katalog nach den verschiedenen p_H-Werten angegeben. Für Methylorange 3,1 bis 4,4; Bromthymolblau 6,0 bis 7,6; Phenolphthalein 8,2 bis 10,00. In der graphischen Darstellung würde dies etwa wie in Fig. 2 aussehen.

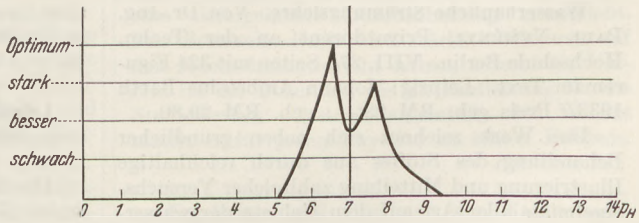


Fig. 3. Wachstumskurve für Euglena spec.

Der Lebensbereich von Organismen spielt sich oft in einem bestimmten p_H-Bereich ab. Fig. 3 stellt diese Abhängigkeit für eine Euglenaform dar, die ich für Unterrichtszwecke schon jahrelang kultiviere. Man bezeichnet diese Darstellungsform als Wachstumskurve; sie läßt deutlich ein Optimum des Wachstums bei $p_H = 7{,}6$ erkennen, ebenso deutlich sind ersichtlich die durch den Säure- bzw. Alkaligrad gegebenen Grenzen des Wachstums bei $p_H = 5{,}1$ bzw. $p_H = 9{,}4$.

Bei der Kultur von Organismen irgendwelcher Art ist es auch für den Schulbiologen nicht unwichtig, diese Verhältnisse einigermaßen zu kennen.

Will man den Schülern die Hydrolyse von Salzen zeigen, so kann die Fig. 2 sofort über den anzuwendenden Indikator Aufschluß geben. Eine Lösung von Natriumkarbonat wird Phenolphthaleïn zum Umschlag bringen können, niemals dagegen Methylorange. Die Wahl des für eine beliebige Titration zu wählenden Indikators und die zu erwartende Genauigkeit des Umschlags lassen sich leicht aus der Darstellung der Umschlagsgebiete ersehen.

Literatur.

L. Michaelis: Die Wasserstoffionenkonzentration, 12. Aufl. Berlin 1931.
E. Mislowitzer: Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration von Flüssigkeiten. Berlin 1928.
G. Lehmann: Die Wasserstoffionen-Messung. Leipzig 1928.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Mechanische Schwingungen der Brücken. Leitfaden zum Verständnis und zur Beobachtung der dynamischen Wirkungen der Verkehrslast. Herausgegeben von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Mit 107 Abbildungen und Tafeln, 237 Seiten. Berlin 1933. Preis in Leinen geb. RM 6,— (Reichsbahner erhalten Vorzugspreis). Verlag der verkehrswissenschaftlichen Lehrmittel-Gesellschaft m. b. H., Berlin W 9, Voßstraße 6.

Das vorliegende Werk füllt eine fühlbare Lücke auf dem Gebiete der dynamischen Beanspruchungen von Bauwerken aus. Sehr glücklich gewählt ist die Gliederung und die räumliche Trennung der mathematischen Ableitungen und eingehenderen theoretischen Erörterungen von der zusammenfassenden Darstellung der physikalischen Erscheinungen. Letztere erfolgt im ersten Teil unter gleichzeitiger Erklärung der mechanischen Schwingungen an Hand von Diagrammen, deren Entstehung im theoretischen zweiten Teil besprochen wird. Die leicht verständliche Darstellung vermittelt dem Leser einen bequemen Überblick über das Gebiet und eine Erfassung der Zusammenhänge und Wechselwirkungen mit ihren Schlußfolgerungen. Der dritte Teil behandelt die Meßtechnik einschließlich der Schwingungserreger, während der vierte Teil sich mit Spezialproblemen der Brückenmeßtechnik befaßt. *Holm.*

Wasserbauliche Strömungslehre. Von Dr.-Ing. Paul Neményi, Privatdozent an der Techn. Hochschule Berlin. VIII, 275 Seiten mit 324 Figuren im Text. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1933. Preis geh. RM 28,—; geb. RM 29,80.

Das Werk zeichnet sich neben gründlicher Behandlung des Stoffes aus durch reichhaltige Illustrierung und Mitteilung zahlreicher Versuchsergebnisse aller Art auf dem Gebiete der wasserbaulichen Strömungsforschung. Im ersten Abschnitt wird das zu behandelnde Gebiet klar abgegrenzt und eine Übersicht gegeben über theoretische Grundlagen, Ähnlichkeitsgesetze und turbulente Strömung. Der zweite Teil behandelt die Strömung in geschlossenen Leitungen einschließlich ihrer Messung, wobei auch auf nicht stationäre Strömungsvorgänge eingegangen wird. Im dritten Kapitel werden offene Gerinne mit fester Sohle einschließlich der Überfallwehre usw. besprochen, wobei auch die nicht stationären Vorgänge (Flutwellen!) wieder berücksichtigt sind. Im vierten Teil folgen offene Gerinne mit beweglicher Sohle einschließlich der Sinkstoffbewegungen. Der fünfte Teil behandelt Sickerströmungen und Grundwasserbewegung. Ein besonderes Kapitel (sechster Teil) ist dem Zerfall eines freien Wasserstrahles gewidmet. Im Anfang werden die technischen Hilfsmittel der hydraulischen Arbeit besprochen. Erwähnenswert sind noch die zahlreichen Hinweise auf das einschlägige Schrifttum. *Holm.*

Bezeichnungsnormen der technischen Optik. Unsere Zeitschrift hat sich bereitwillig in den Dienst der Arbeiten zur Klärung und Festlegung von Definitionen und Bezeichnungen für die technische Optik gestellt [**45**, 39 (1932)] und begrüßt es freudig, daß nunmehr die Beratungen zum Abschluß gekommen sind und im Normenblatt

DIN 1335

das Ergebnis fertig vorliegt. Alle Normblätter sind vom Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19, Dresdener Straße 97, zu beziehen und werden für Unterrichtszwecke zu ermäßigtem Preis abgegeben.

Wer sich mit einem Sondergebiet eingehender beschäftigt, leidet außerordentlich darunter, wenn er in jedem Buch andere Bezeichnungsweisen und Abkürzungen findet. Es ist eine Ehrenpflicht der Schulbuchverfasser und der Lehrer, daß sie der ihr anvertrauten Jugend jede Erleichterung für Weiterbildung verschaffen, und dazu gehört Einheitlichkeit in den Abkürzungen und Benennungen. Wer sich aus Bequemlichkeit und Festhalten an alter Gewohnheit ausschließt, der kleide es ehrlich in die Worte: „Sie hätten doch warten sollen, bis wir alten Leute gestorben sind!“ *Vn.*

Leipziger Vorträge 1933. „Magnetismus.“ Herausgegeben von P. Debye. 110 Seiten, 47 Figuren. Leipzig: S. Hirzel 1933. Preis kart. RM 6,—.

Die Sammlung der zum fünften Male abgehaltenen „Leipziger Vorträge“ gibt einen Überblick über die Probleme des Magnetismus. In zwei Vorträgen behandeln Kapitza und Gerlach die Änderungen des elektrischen Widerstandes durch magnetische Felder. Die Arbeiten von Kapitza mit Feldstärken bis zu 300000 Gauß haben einen von der bisherigen Theorie abweichenden linearen Zusammenhang zwischen Widerstandsänderung und Feldstärke in einem sehr großen Feldbereich ergeben. Gerlach behandelt die ferromagnetischen Körper im Zusammenhang mit den ferromagnetischen Drehprozessen. Der dritte Vortrag berichtet über die merkwürdige Einwirkung des Magnetfeldes auf die innere Reibung von Sauerstoff, die von Sack und Engelhard nachgewiesen werden konnte. Stern berichtet über eine Ver-

feinerung seiner Methode zur Bestimmung des magnetischen Momentes von Molekülen, die ihm mit Frisch gelungen ist. Nach seinen Messungen beträgt das magnetische Moment eines Protons mindestens zwei Kernmagnetonen. In dem Vortrag von Kramers über die paramagnetischen Eigenschaften der Kristalle seltener Erden wird unter anderem auch das magnetische Verfahren zur Erzeugung tiefster Temperaturen unter Benutzung des Debye-Giauqueschen Demagnetisierungseffektes geschildert, wodurch de Haas neulich eine Temperatur von 0,08° K. erreichen konnte. Die interessanten Eigenschaften von Supraleitern im Magnetfeld werden von de Haas besprochen. Die drei letzten Arbeiten behandeln den Ferromagnetismus. R. Bethe spricht über die Theorie des Ferromagnetismus; R. Becker über die technische Magnetisierungskurve und Gans zur Energetik ferromagnetischer Stoffe. Die äußerst interessante und anregende Vortragssammlung dürfte ebenso großes Interesse finden wie die früheren „Leipziger Vorträge".

Hiedemann.

Die Fadenelektrometer. Von Theodor Wulf. 145 Seiten, 27 Abbildungen. Berlin und Bonn: Ferd. Dümmler 1933. Preis geb. RM 6,—.

Wulfs Elektrometer nehmen einen Ehrenplatz unter den elektrischen Meßinstrumenten ein. Die Arbeit an und mit ihnen reicht weit zurück; die erste Mitteilung darüber erschien 1907 in der physikalischen Zeitschrift. Unsere Zeitschrift hat [**21**, 164 (1908)] darüber berichtet.

Das neue Buch faßt die Erfahrungen zusammen, die der Verf. bei den früheren Arbeiten gemacht hat und ergänzt sie durch theoretische und experimentelle Untersuchungen, die ausdrücklich für diese Übersicht ausgeführt worden sind. Dabei wird vieles geboten, was auch den Benutzern von Fadenelektrometern anderer Herkunft wertvolle Hilfe bringt.

Im ersten Kapitel wird in allgemeinster Weise dargestellt, was ein Elektrometer ist, welche Änderungen der Größen, die man gewöhnlich seine Konstanten nennt, unvermeidliche und unentbehrliche Begleiterscheinungen seiner Wirksamkeit sind.

In weiteren 5 Kapiteln wird das Zweifadenelektrometer, in 4 Kapiteln das Einfadenelektrometer behandelt. Einer genauen Beschreibung der Instrumente folgen die Messungen ihrer Eigenschaften, die Untersuchungen über ihre Wirkungsweise, die Arten ihrer Benutzung und Beispiele ihrer Verwendung. Zum Schluß wird Literatur über allgemeine Elektrometertheorie und über Fadenelektrometer aller Art und ihre Anwendung gegeben.

Nicht behandelt ist in dem Buche das Wulfsche Schulinstrument, das er 1928 in seinem Büchlein „Elektrostatische Versuche" behandelt hat. Einen Bericht darüber enthält unsere Zeitschr. **41**, 249 (1928). Es sei hier nicht nur auf dieses vortreffliche Universalelektroskop noch einmal hingewiesen, sondern auch auf die ausgezeichnete Darstellung der physikalischen Tatsachen, durch die das Büchlein auch für den höchst wertvoll ist, der das Instrument nicht besitzt. *Vn.*

Moderne Physik. Sieben Vorträge über Materie und Strahlung. Von M. Born. Ausgearbeitet durch F. Sauter. VII und 272 Seiten, 95 Textabbildungen. Berlin: Julius Springer 1933. Preis RM 18,—; geb. RM 19,50.

An ein Werk von Born darf man schon hohe Ansprüche stellen. In dem vorliegenden Buch, das aus einer Vortragsreihe an der Technischen Hochschule Berlin entstanden ist und durch F. Sauter ausgearbeitet wurde, hat sich Born selbst übertroffen. Immer hat es Born verstanden, den physikalischen Gedankengang aus einem noch so komplizierten mathematischen Formalismus scharf herauszuarbeiten. In dem neuen Werk ist eine solche Fülle von physikalischen Gedanken mit einem solchen Minimum an mathematischem Aufwand entwickelt worden, daß höchste Anerkennung gezollt werden muß. Im ersten Vortrag entwickelt Born die Grundgedanken der kinetischen Gastheorie. Es folgt ein Vortrag über elektrische Elementarteilchen. Das dritte Kapitel bietet eine besonders schöne und klare Darstellung des Dualismus Korpuskeln-Wellen. Hieran schließt sich ein Vortrag über Atombau und Linienspektren, in dem die Grundgedanken der Matrizen- und der Wellenmechanik in unübertroffen klarer Weise dargestellt werden. Der fünfte Vortrag behandelt Elektronenspin, Pauli-Prinzip und periodisches System. Der sechste Vortrag über Quantenstatistik bietet eine Fülle schwieriger Zusammenhänge in erstaunlich einfacher Darstellung. Der letzte Vortrag über Molekülbau gibt unter anderem eine Darstellung der Theorien der chemischen Bindung. Es folgt ein umfangreicher mathematischer Anhang zu den einzelnen Vorträgen, der die Ableitung der in den Vorträgen gebrauchten Formeln bietet und eine tiefergehende Durcharbeitung ermöglicht. Das Bornsche Buch wird stärkste Wirkung auf den Hochschulunterricht haben, sowohl als Vorbild für die Dozenten, wie als Einführung für die Studierenden. Die Gedankenfülle des Werkes macht es für jeden Physiker zu einem Erlebnis.

Hiedemann.

Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften. Eine Einführung in die heutige Naturphilosophie. Von Bernhard Bavink. 5. Aufl. 650 Seiten, 89 Abbildungen. Leipzig: S. Hirzel 1933. Preis RM 15,—; geb. RM 17,—.

Die früheren Auflagen dieses Werkes sind in dieser Zeitschrift **27**, 308 (1914); **35**, 94 (1922) und **37**, 203 (1924) — schon ausführlich besprochen und eingehend gewürdigt worden. In der neuen Auflage, die wesentlich ergänzt und erweitert wurde, sind die bekannten Vorzüge des Buches: exakte und zugleich klarste Darstellung der für die Naturerkenntnis wichtigsten Ergebnisse der einzelnen Naturwissenschaften und die philosophische Verarbeitung des Tatsachenmaterials von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus, nicht

nur erhalten geblieben, sondern noch stärker herausgearbeitet. Ob es sich um Physik, Chemie oder Biologie handelt, immer stellt der Verfasser den modernsten Stand der Dinge dar. Es ist zu bewundern, daß es einem einzelnen Verfasser gelingt, aus den zahlreichen naturwissenschaftlichen Disziplinen mit solcher Umsicht nur das Wesentliche und allgemein Anerkannte auszuwählen und mit solcher Klarheit darzustellen. Das positive Wissen, welches das Buch vermittelt, hat nicht nur erstaunlich großen Umfang, sondern ist auch völlig einwandfrei. Wenn der Verfasser in manchen philosophischen Folgerungen, z. B. bei den Erörterungen über das Kausalitätsproblem der Physik und über das Problem der Willensfreiheit Wege einschlägt, die eine exakte Philosophie ablehnen müßte, so muß man doch den Wert auch dieser Darlegungen anerkennen, da sie dem heute noch anerkannten naturwissenschaftlichen Standpunkt entsprechen. Ein besonderes Verdienst des Buches muß darin gesehen werden, daß es klar die Überwindung des mechanistischen Denkens in der Physik herausstellt und den Versuch macht, die Brücke zwischen mechanistischer und organischer Denkweise zu schlagen. Der Verfasser begründet ausführlich seinen philosophischen Standpunkt eines kritischen Realismus gegenüber dem Konventionalismus und Pragmatismus. Auf die klare und scharfsinnige Beweisführung, die sich vor allem auf die Konvergenz der Naturwissenschaften stützt, kann hier nur besonders aufmerksam gemacht werden. Im biologischen Teil ist das Kapitel über den Ursprung der Menschheit gänzlich umgearbeitet worden, um die neueren Erkenntnisse durch die letzten wichtigen Funde berücksichtigen zu können. Der Zusammenhang der physikalischen und biologischen Erkenntnisse ist besonders schön in dem Abschnitt über Kausalität und Zweckmäßigkeit herausgearbeitet. Die Eugenik, deren Wichtigkeit endlich die verdiente allgemeine Aufmerksamkeit gewidmet wird, ist mit besonderer Sorgfalt neu bearbeitet worden. Die rassenhygienischen Forderungen des Verfassers sind von der heutigen Regierung inzwischen weitgehend durchgeführt worden. In diesem Abschnitt „Natur und Mensch" entwickelt der Verfasser überhaupt manche der tieferen Gedankengänge, welche die wissenschaftliche Begründung der Ideen sind, die heute unser Volk erfüllen. Gerade dieses Kapitel wird daher besonderes Interesse finden. Wenn jemand sich überhaupt für Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge interessiert, so wird er reichsten Gewinn aus diesem von einem hohen Idealismus erfüllten Buch entnehmen. Wer in irgendeinem naturwissenschaftlichen Fach unterrichtet, kann auf die Anschaffung dieses Werkes nicht verzichten, da es nicht nur einen hervorragenden Überblick über die Naturwissenschaften vermittelt, sondern auch eine Fülle von Einzeldarstellungen enthält, die schönste Anregungen für den Unterricht liefern. Dem Verlag muß man dankbar sein, daß er das Werk in einer so vorzüglichen und dabei preiswerten Ausführung herausgebracht hat.

Hiedemann.

Krise und Neuaufbau in den exakten Wissenschaften. Fünf Wiener Vorträge. 122 Seiten. Leipzig u. Wien: Franz Deuticke 1933. Preis kart. RM 3,60.

Die Vorträge hatten das Ziel zu zeigen, welche theoretischen Anschauungen und Begriffe durch die neueren Forschungsergebnisse sich nicht mehr aufrecht erhalten lassen, und in welcher Weise sie abgeändert oder ersetzt werden müssen. Im ersten Vortrag gibt H. Mark einen sehr klaren Überblick über die experimentellen Forschungen, welche die moderne Physik gezwungen haben, die Begriffe der klassischen Physik abzuändern. Im zweiten Vortrag berichtet H. Thirring über die Wandlung des Begriffssystems der Physik. Sehr klar zeigt er, daß die grundlegenden Erkenntnisse der Radioaktivität, der Röntgenstrahlung u. ä., so umwälzend sie erschienen, doch begrifflich noch am wenigsten revolutionär waren. Die Relativitätstheorie bedeutete zwar die Schaffung eines neuen Begriffssystems, das aber immerhin noch nahe verwandt mit dem klassischen Begriffssystem ist, so verwandt, daß die Relativitätstheorie heute schon von vielen Physikern zur klassischen Physik gerechnet wird. Eine wirkliche Revolution unserer Begriffe brachten dagegen Quantentheorie und Wellenmechanik. Nach einem kurzen, klaren Überblick über den Dualismus von Korpuskel-Wellen, über die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation und die Diracsche Theorie schließt er mit der Bemerkung: „Sicher ist aber, daß auf dem Gebiete der Quantenphysik das richtig angepaßte Begriffssystem noch nicht gefunden worden ist." Im dritten Vortrag über die Krise der Anschauung sucht Hahn zu zeigen, daß die Anschauung sich in Fragen der gewöhnlichen Geometrie, und zwar auch in prinzipiell sehr einfachen und elementaren Fragen, als durchaus unzuverlässige Führerin erweist. Der Raum der Geometrie ist nicht eine Form reiner Anschauung, sondern eine logische Konstruktion. Die bekanntlich in der neuen Physik zweckmäßig gewordenen logischen Konstruktionen nicht-euklidischer Geometrien gelten nur deshalb als anschauungswidrig, weil wir uns noch nicht an sie gewöhnt haben. Die Anschauung ist nicht, wie Kant meinte, ein reines Erkenntnismittel a priori, sondern eine auf psychischer Trägheit beruhende Macht der Gewöhnung. Die „Anschaulichkeit" wird hier bei dem Mathematiker Hahn in der gleichen Weise aufgefaßt, wie es in der modernen Physik üblich geworden ist. Im vierten Vortrag von G. Nöbeling über die vierte Dimension und den krummen Raum wird versucht, die mehrdimensionalen Geometrien und den gekrümmten Raum begrifflich näher zu bringen und dadurch im Sinne Hahns zu veranschaulichen. Die Ausführungen sind trotz der Schwierigkeit des Gegenstandes bewunderswert klar. Im fünften Vortrag berichtet K. Menger über die neue Logik. Er gibt eine kurze Schilderung der Entwicklung der klassischen Logik bis zur Logistik und der Probleme der logischen Grundlagen der Mathematik. Das Buch bietet einen sehr klaren und fesselnden Überblick über eine große Zahl heute

ganz aktueller Probleme und kann daher warm empfohlen werden. *Hiedemann.*

An der Wiege des elektrischen Telegraphen. Von Ernst Feyerabend. Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums, 5. Jg., H. 5. Berlin NW 7, VDI-Verlag G. m. b. H. 1933. Preis RM 0,90.

Der Verfasser stellt sich in der 30 Seiten umfassenden Abhandlung die Aufgabe, an Hand der Tatsachen zu beweisen, daß die Wiege des elektrischen Telegraphen in Deutschland gestanden hat. Das Jahr 1933, in welchem diese kleine Schrift erschien, bot ja besonderen Anlaß, die Gedanken einmal zu den Anfängen der elektrischen Telegraphie zurückzulenken, da gerade hundert Jahre vergangen sind, seitdem Gauss und Weber in Göttingen als erste mit praktischem Erfolg die Elektrizität zum Träger der Nachrichtenübermittelung in die Ferne gemacht haben. Daß diese Erfindung deutschen Ursprungs ist, steht außer Zweifel. Wenn man nämlich, wie es natürlich ist, den Zeitpunkt einer Erfindung auf den Tag ansetzt, an dem wirklich eine praktische Vorführung des Apparates stattfand, so kann nach den Darlegungen dieser Schrift die Erfindung des Morsetelegraphen günstigstenfalls erst in das Jahr 1837 gelegt werden, wenn auch Morse selbst behauptet und vor hohen Gerichten in Amerika verfochten hat, daß ihm die Eingebung seiner Erfindung schon im Jahre 1832 auf einer Überfahrt von Frankreich nach Amerika gekommen sei. Obwohl Morse seinen Apparat zum ersten Male am 4. September 1837 in einem Saal der Universität New York vorführte, mußten doch noch weitere Verbesserungen vorgenommen werden, so daß er erst im Jahre 1844 die erste Probe seiner Verwendbarkeit bestand. Da die Schrift sich nur mit der frühen Kindheit der elektrischen Telegraphie befaßt, so werden darin auch nur der elektrochemische Apparat von Soemmering, der Nadeltelegraph von Schilling von Cannstadt, von dem allerdings kein Originalapparat mehr existiert, der Nadeltelegraph von Gauss und Weber, der schreibende Nadeltelegraph von Steinheil und der Apparat von Morse behandelt. Die Darstellung zeichnet sich durch Klarheit aus und wird durch sehr instruktive Abbildungen im Text unterstützt, die nach vorhandenen Apparaten im Deutschen Museum angefertigt sind.

Ich möchte wärmstens empfehlen, dieses Heft in mehreren Exemplaren für die Schülerbücherei oder die physikalische Bücherei anzuschaffen, damit es für Schülervorträge im Physik- oder Deutschunterricht nutzbar gemacht werden kann. Ich bin der Überzeugung, daß solche Vorträge über die Anfänge der Telegraphie, bei denen der Stoff auf mehrere Schüler verteilt wird, selbst in Obertertia schon Freude bereiten werden.

Steindel.

Johann Wilhelm Ritter, der Begründer der wissenschaftlichen Elektrochemie. Ein Lebensbild aus dem Zeitalter der Romantik. Von Hans Schimank. Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums. 5. Jahrgang, Heft 6. VDI-Verlag G.m.b.H. Berlin NW 7. 1933. Preis RM 0,90.

Das vorliegende Heft bringt eine kurze Darstellung des Lebensganges und der Forschertätigkeit Johann Wilhelm Ritters, der 1776 geboren wurde und schon 1810 starb. Die Arbeit Ritters fiel also in eine Zeit, in der die Vorstellungen über die Vorgänge bei der galvanischen Elektrizitätserregung noch völlig in den Kinderschuhen steckten. Den Ausgangspunkt bei seinen Arbeiten bildeten die physiologischen Wirkungen, die eine Voltasche Säule auf den Organismus auszuüben imstande ist, also gerade die komplizierteren Vorgänge, und erst von hier aus dehnte er seine elektrischen Versuche auch auf anorganische Körper aus. Dieser auf den ersten Blick uns heute unnatürlich erscheinende Weg, den seine Forschertätigkeit nahm, ist aber, historisch gesehen, der durchaus natürliche. Man bedenke nämlich, daß noch im Jahre 1820 Oerstedt, Ritters Freund, in seiner Veröffentlichung über die Ablenkung der Magnetnadel sich zwecks Aufstellung einer Regel über die Richtung der Ablenkung mit dem Begriff eines „elektrischen Konflikts" in der Umgebung der Voltaschen Säule abquälte, und daß erst Ampère in demselben Jahre (1820) den Klarheit schaffenden Begriff des elektrischen Stroms in die Wissenschaft einführte. Die von Galvani entdeckte neue Elektrizitätsquelle und die Voltasche Lehrmeinung darüber beherrschte Ritters Arbeiten, und gerade die Tatsache, daß die Froschschenkel lange Zeit das einzige Mittel darboten, um das Vorhandensein der elektrischen Spannung nachzuweisen, ist als der Grund anzusehen, daß er der Elektrizität eine beherrschende Rolle im Lebensprozeß zuwies. Seine Fragestellungen und seine Schlüsse zeugen von jugendlicher Kühnheit und sind oft phantastisch. Aber gerade dadurch zog er die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich. Darauf ist es auch zurückzuführen, daß Ritter durch Novalis (Hardenberg) in den Kreis hineingezogen wurde, der sich um die beiden Schlegel als Mittelpunkt gebildet hatte, und dem auch Schelling angehörte. Es ist begreiflich, daß diese „romantische" Umwelt nicht dazu angetan war, die Kühnheit Ritters in seinen Schlüssen zu dämpfen. Zwischen ihm und dem Naturphilosophen Schelling bildete sich sehr bald eine gewisse Spannung und Rivalität heraus, aus der sich Ritters Neigung „zu einer den Versuch oft wild überwuchernden Spekulation" erklärt. Die Pläne, die Ritter verfolgte, gingen ins Ungeheuere, so daß die Zielsetzungen unserer Zeit dagegen als bescheiden zu bezeichnen sind. Trotz aller Phantastik, der man in Ritters Arbeiten begegnet, reicht das, was er als tatsächliche Ergebnisse seiner Forschertätigkeit der Nachwelt hinterlassen hat, aus, um ihn als den Begründer der wissenschaftlichen Elektrochemie zu bezeichnen. Er weist unter anderem als erster die chemische Wirkung galvanischer Ketten nach, konstruiert einen Wasserzersetzungsapparat mit

getrennter Auffangung der beiden Gase, entdeckt die ultravioletten Strahlen und ihre vorwiegend chemischen Wirkungen, beobachtet elektrokapillare Erscheinungen des Quecksilbers, erfindet eine „Ladungssäule" (als ersten Akkumulator), entdeckt die Konzentrationsketten, beobachtet sogar einen thermoelektrischen Effekt und kommt dem Ohmschen Gesetz sehr nahe. Daneben trifft man in seinen Schriften auf eine Menge feiner Beobachtungen und Bemerkungen, die zu weiteren gründlichen Untersuchungen anregen konnten.

Das Deutsche Museum, das in der Art seiner Anordnungen überhaupt ein feines pädagogisches Empfinden erkennen läßt, bietet in seiner Schriftenreihe „Abhandlungen und Berichte", zu der auch das vorliegende Heft über Johann Wilhelm Ritter gehört, eine ungemein begrüßenswerte Ergänzung. Diese Hefte, auch das vorliegende, seien den Schulbüchereien wärmstens zur Anschaffung empfohlen. *Steindel.*

Bremer Beiträge zur Naturwissenschaft. Bd. 1, H. 1. P. Walden: Goethe und die Naturwissenschaften. 53 Seiten. Bremen: G. A. v. Halemsche Export- und Verlagsbuchhandlung A.-G. 1933. Preis RM 2,50.

Der bekannte Chemiker will die großen Gedanken des Naturwissenschaftlers Goethe zusammenfassend darstellen und zeigen, daß die moderne Naturforschung näher an Goethe steht, als wir es für gewöhnlich glauben; daß die biologischen Wissenschaften in ihren Denkmitteln und Zielen in den Ideenkreis Goethes einmünden und unser modernes Weltbild in seinen Grundzügen sinngemäß ähnlich dem Weltbilde des Naturforschers Goethe ist. Der Verfasser beweist bei seinen Darlegungen eine so tiefgehende Goethekenntnis, wie man sie wohl sehr selten bei Naturwissenschaftlern finden wird. So geistreich und fesselnd die Beweisführung ist, oft beweist sie mehr die sympathische Goetheverehrung des Verfassers, als die naturwissenschaftliche Bedeutung Goethes. Man kann sich des Eindruckes nicht erwehren, daß der Verfasser Gedanken aus Goethe herausliest, die Goethe selbst erstaunen lassen müßten. Bei aller Anerkennung der wirklichen wissenschaftlichen Leistungen Goethes sollte man seine naturwissenschaftliche Bedeutung doch nicht so überschätzen. Damit dient man auch dem Andenken Goethes nicht, dessen Größe doch in ganz anderen Ebenen zu finden ist. Die Berechtigung der Warnung du Bois-Reymonds vor einer übertriebenen Verehrung Goethes als Naturwissenschaftler, die der Verfasser so abfällig zitiert, wird gerade durch seine Ausführungen erwiesen. Trotz aller Einwände ist die Schrift lesenswert, da die Gedanken, die ein Forscher vom Range Waldens aus Goethe herausliest, auf jeden Fall ungewöhnlich und interessant sind.
Hiedemann.

Das Deutsche Museum. Geschichte — Aufgaben — Ziele. Im Auftrage des Vereins Deutscher Ingenieure unter Mitwirkung hervorragender Vertreter der Technik und Naturwissenschaften bearbeitet von Conrad Matschoss. Dritte Auflage. Mit 59 Bildnissen und 334 Abbildungen. Volksausgabe. VDI-Verlag G. m. b. H.-Berlin NW 7. R. Oldenbourg-München 1933. Preis: In Leinen geb. RM 9.— (für VDI-Mitglieder RM 8.10).

Das hervorragende, jetzt 394 Seiten umfassende Werk, das jeden, der sich für Naturwissenschaften und Technik interessiert, in hohem Maße fesselt, wurde beim Erscheinen seiner ersten Auflage im Jahre 1925 in der Poskeschen Zeitschrift eingehend besprochen und gewürdigt (vgl. diese Zeitschrift 40. Jahrg. 1927, S. 223). Die vorliegende neue (dritte) Auflage, die als Volksausgabe bezeichnet wird und sich im Preis erheblich billiger stellt als die früheren Auflagen, ist im wesentlichen ein unveränderter Nachdruck der vorhergehenden Auflage. Neu hinzugekommen ist nur der „Nachtrag", in dem über die inzwischen eröffnete Bibliothek des Deutschen Museums berichtet wird. Jeder, der einmal das Deutsche Museum nicht bloß flüchtig besucht, sondern in Muße wenigstens mehrere Tage aufmerksam durchwandert hat, wird beim Lesen dieses Buches noch einmal im Geiste die Freude durchleben, die ihm das Schauen und Bestaunen aller der Wunder bei seinem Besuche bereitet hat. Die Anregung zur Begründung des „Deutschen Museums" empfing Oscar von Miller, als er als 25jähriger Ingenieur das Conservatoire des arts et métiers in Paris und das South-Kensington-Museum in London besuchte. Wenn er sich entschloß, dem von ihm begründeten Museum den Namen „Deutsches Museum" zu geben, so geschah das nicht, weil die Absicht vorlag, „die Entwicklung der verschiedenen Zweige des Forschens und Schaffens nur durch deutsche Meisterwerke darzustellen, sondern weil schon durch den Namen zum Ausdruck gebracht werden sollte, daß nicht eine Persönlichkeit, nicht eine Stadt und nicht ein Land, sondern alle Volkskreise des ganzen deutschen Reiches diesen Ruhmestempel deutscher Arbeit geschaffen haben". Es soll auch nicht ein Museum in dem gebräuchlichen Sinne sein, bei dem der Besucher durch Tafeln immer wieder ermahnt wird, die Gegenstände nicht zu berühren; er soll im Gegenteil hier so oft, wie es geht, die Möglichkeit haben, Apparate und Modelle selbst in Tätigkeit zu setzen oder durch einen Aufsichtsbeamten bedienen zu lassen, um den Ablauf einer Erscheinung beobachten zu können. Gerade durch diese Einrichtung wird das Deutsche Museum zu einem Kulturinstitut, mit dem in der ganzen Welt kein zweites verglichen werden kann. Hervorragende Fachmänner berichten in dem vorliegenden Werk, das mit zahlreichen prächtigen Abbildungen ausgestattet ist, über die einzelnen Abteilungen und die Art, wie man sie nach historischen Gesichtspunkten eingerichtet hat. So gewinnt der Leser schon durch die Lektüre dieses Buches einen außerordentlichen Überblick über den geschichtlichen Entwicklungsgang der Naturwissenschaften und der verschiedenen technischen Zweige, die unsere heutige Lebensweise wesentlich bedingen. Jedem, der einen Besuch des Deutschen Museums plant, namentlich Lehrern, die mit Schülern das Museum

besuchen wollen, muß dringend empfohlen werden, vorher das Buch mit größter Aufmerksamkeit zu lesen, um den Besuch so nutzbringend, wie nur möglich, zu gestalten. Und wer einmal bei einem Geburtstage oder zum Weihnachtsfeste nach einem passenden Geschenk Ausschau zu halten gezwungen ist, sollte nicht vergessen, daß man einem technisch interessierten jungen Menschen mit diesem Buch ein ausgezeichnetes wertvolles Geschenk machen kann, zumal wenn dieser das Deutsche Museum schon einmal besucht hat. Beim aufmerksamen Durchwandern des Museums, ebenso wie bei der Lektüre dieses Buches, drängt sich die Einsicht auf, daß gerade deutsche Forscher und Erfinder einen gewaltigen Beitrag zu der glänzenden Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik geleistet haben, und dieses stolze Bewußtsein ist wohl geeignet, bei unserer Jugend die Lebenszuversicht und die Hoffnung auf eine bessere Zukunft zu stärken. *Steindel.*

Lehrbuch der organischen Chemie. Von P. Karrer. 3. Aufl. 922 Seiten, 8 Abbildungen. Leipzig: Georg Thieme 1933. Preis geh. RM 34,—; geb. RM 36,—.

Das Buch, dessen 1. und 2. Aufl. in dieser Zeitschrift **42**, 237 (1929) und **44**, 188 (1931) besprochen wurden, ist in seinem Aufbau unverändert geblieben. Besonderer Wert wurde wieder auf die Konstitutions- und Konfigurationsbeweise gelegt. Die Fortschritte der Wissenschaft seit der letzten Auflage wurden berücksichtigt. Besonders hervorzuheben ist, daß die Ergebnisse der Röntgenspektroskopie der letzten Zeit verwertet und die Abschnitte über Carotinoide, Vitamine, Hormone usw. auf den letzten Stand der Forschung gebracht wurden. Der Umfang des Buches ist jedoch nicht wesentlich gewachsen.

Vom chemischen wissenschaftlichen Standpunkt ist also an dem Buch nichts auszusetzen, zumal in Fußnoten auf speziellere Buchliteratur hingewiesen wird.

Anders steht es jedoch mit der Einstellung des Buches zu den Fragen der Technik und des täglichen Lebens. Auf S. 67 wird zwar die Bildung von Calciumcarbid besprochen, jedoch wird kein Wort und keine Zahl über die für die Technik so wichtige Wärmetönung des Prozesses verloren. Wirtschaftsfragen (Alkoholsteuer usw.) werden nicht behandelt. Über das Vorkommen des Nikotins im Tabak wird zwar berichtet, jedoch wird nicht mitgeteilt, welche Nikotinmenge nun wirklich unverändert in den Rauch übergeht. Die Verwendung von Hexamethylentetramin in Gasmasken wird nicht erwähnt. Das alles sind Fragen der Praxis, die den Schulchemiker sehr stark angehen. Von unserem Standpunkt aus muß diese Tatsache daher als ein Mangel des Buches empfunden werden, wenn es sich darum handelt, ein Nachschlagebuch für alle die organische Chemie betreffenden Fragen in der Hand zu haben. Das wurde allerdings von dem Verfasser auch nicht beabsichtigt, sondern das Buch sollte einzig und allein ein Lehrbuch für den Studierenden sein, um ihn in die organische Chemie einzuführen; für diesen Zweck erscheint das Buch jedoch wieder zu umfangreich. *Scharf.*

Einfache Versuche auf dem Gebiet der organischen Chemie. Eine Anleitung für Studierende, Lehrer an höheren Schulen und Seminaren, sowie zum Selbstunterricht. Von A. F. Holleman. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage von F. Richter. X und 92 Seiten mit 4 Abbildungen. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1933. Preis geb. RM 2.80.

Im Jahre 1906 erschien die erste Auflage dieses hauptsächlich für die Ausbildung der künftigen Chemielehrer zusammengestellten Büchleins. Daß inzwischen eine vierte Auflage notwendig geworden ist, kann ein Zeichen für die Eignung des Buches für diesen Zweck sein, es kann aber auch ein Zeichen dafür sein, daß die Ausbildung der Chemielehrer auf den Universitäten in der Zwischenzeit keine wesentlichen Fortschritte gemacht hat. Daß das letztere von einigen Ausnahmen (z. B. Bonn) abgesehen zutrifft, ist leider nur allzu bekannt, allerdings hauptsächlich bei den Chemielehrern, die mit der Ausbildung der Referendare beauftragt sind und bei den Referendaren selbst. Was die Referendare in den praktischen Übungen der Universitäten lernen, können sie nur zum geringsten Teil in ihrem späteren Berufe verwerten, und das, was sie brauchen, haben sie auf der Universität nicht kennen gelernt.

Das vorliegende Buch bemüht sich, dem zukünftigen Chemielehrer einen Überblick über das gesamte Gebiet der organischen Chemie zu geben. Der Verfasser wendet sich im Vorwort zur ersten Auflage dagegen, daß die Studierenden eine Auswahl der Versuche aus größeren Praktikumsanleitungen ausführen, da die Gefahr bestehe, daß dann nicht alle Gebiete der organischen Chemie berücksichtigt werden. Der Verfasser geht dabei von der falschen Voraussetzung aus (die im Jahre 1906 durchaus verständlich war), daß der Chemielehrer eine geringere Ausbildung brauche als der zukünftige Wissenschaftler oder Industriechemiker. Demgegenüber muß mit aller Eindringlichkeit betont werden, daß die Ausbildung der künftigen Chemielehrer nicht eine geringere, sondern eine andere sein muß als die der Wissenschaftler und Techniker. Demnach muß der Inhalt des Buches als überholt bezeichnet werden; eine Auswahl aus den angeführten Versuchen wird für die Studierenden nützlich sein, daneben müssen aber auch Versuche treten, die in näherer Beziehung zu deren späterer Tätigkeit als Chemielehrer stehen. *Scharf.*

The Discovery of the Elements. By Mary Elvira Weeks. Second Edition revised. Easton Pa. 1934.

Zu dem Bericht über das wertvolle Buch von Prof. Weeks [diese Zeitschr. **47**, 141 (1934)] ist nachzutragen, daß inzwischen eine neue Auflage erschienen ist, in der verschiedene Ungenauigkeiten beseitigt und einige Bilder durch bessere ersetzt worden sind. *R. Winderlich.*

Bibliografi över J. J. Berzelius. Utgiven av Kungl. Svenska Vetenskapsakademien genom Arne Holmberg. Förra delen: tryckta arbeten av och om Berzelius. XII, 152 Seiten. Stockholm & Uppsala: Almquist & Wiksells 1933.

Die Lebensarbeit des Berzelius war nach Umfang und Inhalt fast übermenschlich. Diese Tatsache wird so recht deutlich durch die Bibliographie, die Arne Holmberg geliefert und zu einer bisher noch niemals erreichten Vollständigkeit gebracht hat. Für geschichtliche Studien ist diese zuverlässige, genaue Zusammenstellung unentbehrlich. Sie bringt in 8 Abschnitten die Nachweise für 1. eigenhändige Aufzeichnungen des Berzelius über sein Leben, 2. die verschiedenen Ausgaben seines Lehrbuches der Chemie in schwedischer, französischer, holländischer, italienischer und spanischer Sprache — eine englische Ausgabe ist nicht genannt. Gab es eine solche gar nicht? —, 3. Jahresberichte über Chemie und nahe verwandte Wissenschaften, 4. Briefsammlungen und einzelne Briefe, die nach Berzelius' Tode veröffentlicht worden sind, 5. die übrigen gedruckten Schriften des Berzelius nach Jahren geordnet, beginnend mit 1800, endend mit 1850 (Register), dazu die Neudrucke 1852—1931 — dieser Hauptteil des Buches umfaßt die Seiten 10 bis 107—, 6. die periodischen Veröffentlichungen, die ganz oder teilweise von Berzelius redigiert wurden, 7. biographische Schriften über Berzelius und seine wissenschaftliche Tätigkeit, 8. die genauen und ausführlichen Titel der zitierten Zeitschriften.

Bei aufmerksamem Lesen der scheinbar trockenen Angaben über Bücher und Aufsätze steigt das Bild des lebendigen Menschen herauf, der mit heißem Herzen auch teilnahm an den Ereignissen seiner Zeit. Da ist z. B. eine anonyme Zuschrift des Berzelius an eine große Tageszeitung: „Ratschläge für Käufer von Schmuck mit eingelegten edlen Steinen." Über dieses Eingesandt hat sich jemand aufgeregt, der sich offenbar getroffen fühlte: „An die Allgemeinheit! Ein lügenhafter Verleumder hat in Nr. 258 der Dagligt Allehanda vom 6. November 1815 versucht, auf einen ganzen Stand Schmutz zu werfen und eines seiner Mitglieder zu beschuldigen, es habe Glasbrocken als echte Steine verkauft." — Noch manch andere anonym erschienene Aufsätze, die sicherlich bisher kaum als Berzelius zugehörig bekannt waren, hat Arne Holmberg ermittelt: „Ist die Cholera ansteckend?" (1834), „Über Tinte und Feder" (1937), ferner Lebensbilder der Afzelius, Esmark, Rudberg, Arfvedson.

R. Winderlich.

Aus Werkstätten.

Ein neuer Dehnungsmesser.

Mit dem neuen Dehnungsmesser, Bauart Dr. Jaenichen, ist ein einfacher und billiger, dabei äußerst vielseitiger und hochempfindlicher Apparat zur Messung von Dehnungen der verschiedensten Art geschaffen worden. Um seine Vielseitigkeit zu beleuchten, seien z. B. nur die folgenden möglichen Untersuchungen erwähnt:

Wärmelehre: Längenausdehnung, Strahlungsversuche aller Art (z. B. Entfernungsgesetz, Cosinusgesetz, Reflexion, Absorption, Einfluß der strahlenden oder bestrahlten Oberfläche, Verdunstungskälte usw.).

Mechanik: Materialprüfung von Drähten, Fäden, Streifen durch Zerreißversuch (Hookesches Gesetz, elastische und bleibende Dehnung, Elastizitätsmodul, Zerreißfestigkeit, Bruchdehnung), Biegeversuche an Stäben.

Elektrizität: Joulesches Gesetz, Wärmeübergangszahlen zwischen Drähten und Luft, Hitzdrahtinstrument.

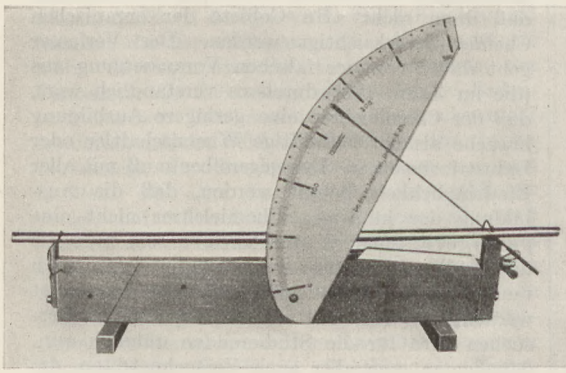


Fig. 1. Dehnungsmesser mit Dampfrohr für lineare Wärmeausdehnung bzw. mit Stab für Biegeversuche.

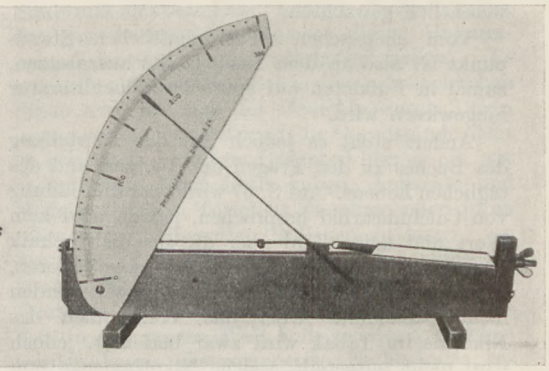


Fig. 2. Dehnungsmesser mit eingespanntem Drahte für mechanische oder elektrische Versuche.

Akustik: Taylorsche Formel, Schwingungszahlen, Eichung von Stimmgabeln (Apparat als Monochord).

Hiermit ist die Verwendbarkeit des Apparates indessen nicht erschöpft.

Die Fig. 1 und 2 zeigen den Apparat in zwei kennzeichnenden Anordnungen.

Die Dehnungsmessung erfolgt durch Abrollen einer Zeigerachse, für die je eine Auflage in der

Mitte und an dem einen Ende des Apparates vorgesehen ist. Am anderen Ende sitzt, drehbar befestigt, ein Eisenstück mit Schneide als Festpunkt für die eingekerbten Dampfrohre oder Biegestäbe bzw. mit einer Abrundung und Befestigungsschraube für die Versuchsdrähte. Die Versuchsdrähte oder Fäden können mit Hilfe einer Spindel und Feder durch Drehen an einer Flügelmutter gespannt werden, gegebenenfalls bis zum Zerreißen. Durch Anschlußmöglichkeit für zwei Bananenstecker, am Eisenstück und bei der Spindelmutter, läßt sich der Versuchsdraht auch in einen Stromkreis einschalten und elektrisch belasten.

Akustische Saiten werden entsprechend eingespannt, nur wird noch ein beweglicher Steg untergeklemmt. Skala und Zeiger werden in diesem Falle entfernt.

Für Strahlungsversuche wird ein geschwärzter Streifen dünnen Bleches eingespannt zwecks Aufnahme der zu untersuchenden Strahlung. Kleinste Dehnungen, wie z. B. bei solchen Strahlungsversuchen, werden, statt durch Zeiger und Skala, mittels eines Drehspiegels und einer kleinen Projektionsvorrichtung (mit 4-Volt-Lämpchen) durch Lichtzeiger an einem Maßstabe gemessen. In dieser Anordnung ist der Apparat so empfindlich, daß er bereits die Wärme der genäherten Hand anzeigt.

Zum Apparate gehören außer einem ausführlichen Bericht über durchgeführte Versuche mit genauen, quantitativen Ergebnissen mehrere Zeiger verschiedener Empfindlichkeit, einige Dampfrohre, Projektionsvorrichtung mit Drehspiegel und sonstiges Versuchszubehör. Hergestellt wird der neue Dehnungsmesser von der Lehrmittelwerkstätte Dr.-Ing. W. JAENICHEN, Dresden-A 24, Uhlandstr. 7. Preis RM 28,—.

Korrespondenz.

Paul Johannesson †. Am 27. April 1934 ist der Oberstudiendirektor i. R. Prof. PAUL JOHANNESSON in Berlin im 73. Lebensjahre gestorben. Das Wirken des Heimgegangenen und die Eigenart seiner Persönlichkeit sollen im nächsten Hefte der Zeitschrift gewürdigt werden.

Reinsche Ferienkurse in Jena finden 1934 vom 1. bis 14. August statt. In den Abteilungen Naturwissenschaften, Hauswirtschaftswissenschaft, Geschichte und Geographie sind die folgenden Lehrgänge vorgesehen: Natur und Mensch, Prof. Dr. BAVINK; Einführendes Praktikum in die organische Chemie, Privatdozent Dr. MAURER; Hormone und Vitamine, Dr. MAURER; Neuere Ergebnisse der Atomforschung, Privatdozent Dr. GLEU; Physiologie und Soziologie der Pflanzen, Privatdozent Dr. BÜNNING; Anleitung zu botanisch-mikroskopischen Untersuchungen, Dr. BÜNNING; Biologie im dritten Reich, Prof. Dr. FRANZ; Zoobiologische Übungen, Prof. Dr. FRANZ; Die Welt der Bakterien in ihrer Bedeutung für das tägliche Leben und für die Hauswirtschaft I und II, Prof. Dr. LEHMANN; Lebensmittelkunde, Prof. Dr. KELLER; Einzelbesprechung wichtiger Lebensmittel, Prof. Dr. KELLER; Physiologie der Ernährung, Prof. Dr. NOLL; Politisch-geographische Tagesfragen, Privatdozent Dr. J. H. SCHULTZE; Grundzüge der Geopolitik, Prof. Dr. HENNIG; Geographische Rätselfragen in alten Überlieferungen, Prof. Dr. HENNIG.

Die Kurse wollen allen dienen, die sich um eine Erweiterung ihrer wissenschaftlichen Bildung bemühen und sind besonders zur Fortbildung für Lehrer und Lehrerinnen aller Schulgattungen bestimmt. Durch Vortrag und Experiment, sowie durch Anleitungen zu praktischen Übungen werden die neueren Forschungsergebnisse vermittelt, stets im Hinblick auf die Schulbedürfnisse. Die Teilnehmer dürfen unter den angekündigten Vorlesungen und Übungen aller Abteilungen frei wählen. Es sind auch Ausflüge, gesellige Veranstaltungen und gemeinsame Spaziergänge vorgesehen. Bei genügender Beteiligung ist eine Gemeinschaftsfahrt zu den Oberammergauer Spielen geplant.

Das ausführliche Programm mit Angaben über Kosten, Unterkunft usw. versendet unentgeltlich die Geschäftsstelle der REINschen Ferienkurse: Frl. CL. BLOMEYER, Jena, Carl-Zeiss-Platz 15 (Volkshaus, part.).

Zur Rundfrage an die Leser im 1. Hefte des laufenden Jahrganges (S. 47).

Die Aufforderung der Schriftleitung an die Leser, Stellung zu nehmen zu der Frage, ob die auf der Schlußseite eines jeden Heftes seit 1890 veröffentlichten „Himmelserscheinungen" beibehalten werden sollen, hat 53 Äußerungen veranlaßt. Nur 7 Zuschriften, von denen 2 aus dem Auslande stammen, sprechen den Wunsch nach Fortsetzung dieser Tafeln aus. Dabei wird eine solche Erweiterung der Angaben vorgeschlagen, daß eine völlig neue Form entstehen müßte, auf die mindestens der dreifache Raum wie bisher zu verwenden wäre. Die 46 ablehnenden Äußerungen bringen zum Ausdruck: Die jetzigen „Himmelserscheinungen" reichen nicht aus, und vollständigere Unterlagen seien leicht zu beschaffen.

Zu beachten ist noch, daß im ganzen nur ein verschwindend kleiner Teil der Bezieher unserer Zeitschrift überhaupt zu der vorgelegten Frage Stellung genommen hat, ein sicheres Zeichen für die geringe Beachtung, die den „Himmelserscheinungen" seitens der Leser entgegengebracht wird.

Die Schriftleitung hat sich daher entschlossen, vom 6. Hefte des laufenden Jahrganges ab die „Himmelserscheinungen" fortfallen zu lassen.

Himmelserscheinungen im September und Oktober 1934.

W.Z.: Welt-Zeit = Bürgerliche Zeit Greenwich. 0^h W.Z. = Mitternacht Bürgerliche Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0^h bis 24^h. M.E.Z. = Mitteleuropäische Zeit = W.Z. + 1^h.

0^h W.Z.	Sonne ⊙				Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl.[1]	Sternzeit[2]	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1934	h m	°	m s	h m s	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°
Sept. 3	10 45	+ 7,9	— 0 22	22 45 46	11 14	+ 6,4	09 31	+15,7	08 19	+20,7	13 24	— 7,7	21 46	—15,0
„ 8	11 03	+ 6,0	— 2 00	23 05 28	11 46	+ 2,5	09 55	+13,8	08 32	+20,0	13 27	— 8,0	21 45	—15,1
„ 13	11 21	+ 4,2	— 3 44	23 25 11	12 16	— 1,3	10 19	+11,8	08 45	+19,2	13 31	— 8,4	21 43	—15,2
„ 18	11 39	+ 2,2	— 5 30	23 44 54	12 44	— 5,0	10 42	+ 9,6	08 58	+18,4	13 35	— 8,8	21 42	—15,3
„ 23	11 57	+ 0,3	— 7 16	00 04 37	13 11	— 8,5	11 06	+ 7,3	09 10	+17,6	13 39	— 9,1	21 41	—15,4
„ 28	12 15	— 1,7	— 9 00	00 24 19	13 36	—11,7	11 29	+ 4,9	09 22	+16,7	13 42	— 9,5	21 40	—15,5
Okt. 3	12 33	— 3,6	—10 38	00 44 02	14 00	—14,5	11 52	+ 2,5	09 35	+15,8	13 46	— 9,9	21 39	—15,6
„ 8	12 52	— 5,5	—12 08	01 03 45	14 23	—17,0	12 15	+ 0,0	09 47	+14,8	13 50	—10,3	21 39	—15,6
„ 13	13 10	— 7,4	—13 28	01 23 28	14 42	—18,9	12 37	— 2,5	09 58	+13,8	13 55	—10,7	21 38	—15,7
„ 18	13 29	— 9,3	—14 35	01 43 10	14 56	—20,1	13 00	— 5,0	10 10	+12,9	13 59	—11,0	21 38	—15,7
„ 23	13 47	—11,1	—15 28	02 02 53	15 02	—20,4	13 24	— 7,4	10 21	+11,8	14 03	—11,4	21 37	—15,7
„ 28	14 07	—12,8	—16 04	02 22 36	14 55	—19,1	13 47	— 9,8	10 32	+10,8	14 07	—11,8	21 37	—15,7
Nov. 2	14 26	—14,5	—16 21	02 42 19	14 36	—16,1	14 11	—12,1	10 43	+ 9,8	14 11	—12,2	21 38	—15,7

[1] Zeitgleichung = mittlere Sonnenzeit − wahre Sonnenzeit.
[2] Die Korrektion der Sternzeit für einen Ort λ° östlich bzw. westlich von Greenwich ist $\mp 0^s.657 \cdot \lambda^\circ$.

Auf- und Untergänge des oberen Randes der Sonne und des Mondes in mittlerer Ortszeit. Breite von Berlin (+ 52,5°), Länge von Stargard (15° östlich von Greenwich).

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1934	h m	h m	h m	h m	1934	h m	h m	h m	h m	1934	h m	h m	h m	h m
Sept. 3	05 12	18 46	22 49	16 36	Sept. 28	05 54	17 46	19 55	12 53	Okt. 23	06 38	16 50	16 33	07 55
„ 8	05 21	18 34	04 38	18 03	Okt. 3	06 03	17 35	00 00	15 46	„ 28	06 47	16 40	20 34	12 28
„ 13	05 30	18 22	10 55	19 14	„ 8	06 11	17 23	06 05	16 46	Nov. 2	06 56	16 30	01 20	14 18
„ 18	05 38	18 12	16 05	— —	„ 13	06 20	17 12	12 33	19 21					
„ 23	05 46	18 00	17 36	06 06	„ 18	06 29	17 00	15 14	00 46					

Mondphasen 1934 W.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Sept. 9. 00^h $20{,}1^m$	Sept. 16. 12^h $25{,}9^m$	Sept. 23. 04^h $18{,}9^m$	Sept. 30. 12^h $29{,}2^m$
	Okt. 8. 15^h $04{,}9^m$	Okt. 15. 19^h $29{,}0^m$	Okt. 22. 15^h $01{,}1^m$	Okt. 30. 08^h $21{,}8^m$

Verfinsterungen der Jupitermonde sind nicht beobachtbar, da Jupiter am 27. Oktober in Konjunktion.

Aufgang (A) und Untergang (U) der Planeten. Breite von Berlin, Zeitangaben in mittlerer Ortszeit.

	Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
1934	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Sept. 3	A 6,0	U 19,2	A 3,3	U 18,3	A 1,5	U 17,6	A 9,2	U 20,0	A 18,3	U 27,8
„ 13	A 6,9	U 18,8	A 3,8	U 18,0	A 1,4	U 17,2	A 8,8	U 19,4	A 17,6	U 27,0
„ 23	A 7,8	U 18,4	A 4,3	U 17,7	A 1,4	U 16,8	A 8,2	U 18,8	A 16,9	U 26,3
Okt. 3	A 8,5	U 18,0	A 4,9	U 17,4	A 1,3	U 16,4	A 7,8	U 18,2	A 16,2	U 25,6
„ 13	A 9,0	U 17,6	A 5,4	U 17,1	A 1,3	U 15,9	A 7,3	U 17,6	A 15,5	U 24,9
„ 23	A 8,8	U 17,1	A 5,9	U 16,8	A 1,2	U 15,4	A 6,9	U 17,0	A 14,9	U 24,2
Nov. 2	A 7,2	U 16,4	A 6,5	U 16,5	A 1,1	U 14,9	A 6,5	U 16,4	A 14,2	U 23,5

Sonne: Sept. 23, 18^h Herbstanfang. — **Merkur:** Okt. 10, größte östliche Elongation, 25°; Okt. 23, stationär. **Mars:** Sept. 5, 12^h, 0,5° nördlich Mond. — **Jupiter:** Okt. 27, Konjunktion. — **Saturn:** Okt. 27, stationär.

S. Janß.

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W. 8.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.
Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.

Matthée